Е. А. Марон

ФИЗИКА

ОПОРНЫЕ КОНСПЕКТЫ И РАЗНОУРОВНЕВЫЕ ЗАДАНИЯ



11

Е. А. Марон

Опорные конспекты и разноуровневые задания

Физика. 11 класс

VICTORY
Санкт-Петербург

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3
М28

Е.А. Марон, кандидат пед. наук, учитель физики.
(Автор-составитель).

М28 Опорные конспекты и разноуровневые задания. Физика. 11 класс. — СПб.: ООО «Виктория плюс», 2013. — 80 с.

ISBN 978-5-91673-107-1

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3

По вопросам приобретения просьба обращаться:
Заказы по Санкт-Петербургу и России:
(812) 292-36-60, 292-36-61
E-mail: victory@mailbox.alkor.ru

В Москве: Филиал
(499) 488-30-05

Налоговая льгота — Код 95 3000 ОК 005-93 (ОКП).

Подписано в печать 20.08.13
Формат 84x108 $^1/_{32}$. Тираж 1 000 экз. Заказ № 09.83

ООО «Виктория плюс»
196605, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское ш., д. 13/1

Отпечатано в ООО «СЗПД-ПРИНТ».
188300, Ленинградская обл., г. Гатчина,
ул. Железнодорожная, д. 45-Б

ISBN 978-5-91673-107-1

Предисловие

Пособие содержит комплект опорных конспектов и разноуровневых заданий, составленных в соответствии с новым стандартом образования.

Опорные конспекты в виде схематических блоков учебной информации (формул, рисунков, символов и т.д.) охватывают все основные темы курса физики 11 класса и представляют собой целостную структуру. Оптимальный вариант обучения, когда учитель систематически их применяет в своей работе при изложении нового материала, в ходе опроса, в процессе систематизации знаний.

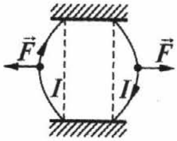
Разноуровневые задания, составленные или взятые из различных источников, подобраны по степени усложнения: простые (задания уровня «А»), средние (задания уровня «В») и повышенной сложности (задания уровня «С»). Учащиеся самостоятельно или с помощью учителя выбирают группу заданий в зависимости от собственной подготовки и способностей. По мере овладения знаниями они могут перейти к решению более сложных заданий.

Пособие предназначено для 11 класса общеобразовательных учебных заведений и может быть использовано при повторении пройденного материала и подготовке к ЕГЭ.

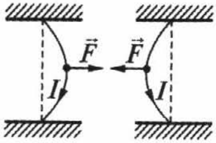
Автор-составитель:
Е. А. Марон,
кандидат пед. наук, учитель физики.

(ОК–11.1) МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО СВОЙСТВА

Опыт Ампера



$\vec{F}$ – **магнитные силы**



Магнитное поле

особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися q

Основные свойства МП:

1. МП порождается I.
2. МП обнаруживается по действию на I.
3. МП существует реально, независимо от нас и наших знаний о нем.

ЭМ волны -
экспериментальное док-во реальности МП

Вектор магнитной индукции ($\vec{B}$)

Направление $\vec{B}$



Правило буравчика:



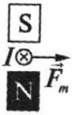
Линии магнитной индукции (ЛМИ)



$\vec{B}\uparrow\uparrow$касательной к ЛМИ

– замкнуты (МП – **вихревое поле**)
– не пересекаются

Модуль вектора магнитной индукции

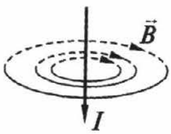


Опыт: $F_m \sim I\Delta l$
I – сила тока в проводнике
Δl – длина проводника

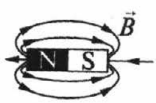
$$B = \frac{F_m}{I\Delta l}$$

СИ:
$[B] = 1\ Тл = 1\ \frac{Н}{А\cdot м}$
тесла

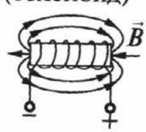
МП прямого тока



МП пост. магнита



МП катушки с током (соленоид)



OK–11.2

СИЛА АМПЕРА

МП действует на проводник с I

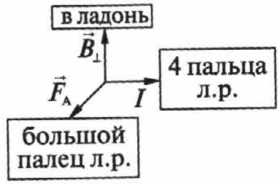


$$F_A = B\,I\,\Delta l \sin\alpha$$

$\alpha = \angle(\vec{B}; I)$

Δl – длина отрезка проводника

Направление F_A
(правило левой руки)



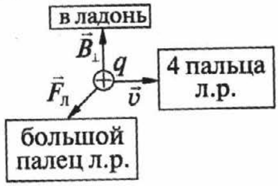
СИЛА ЛОРЕНЦА

МП действует на движущийся q

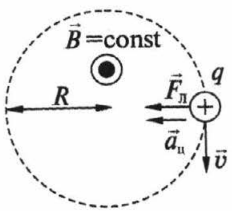
$$F_Л = |q|\,vB\sin\alpha$$

$\alpha = \angle(\vec{B}; \vec{v})$

Направление $F_Л$
(правило левой руки)



Движение q в однородном МП



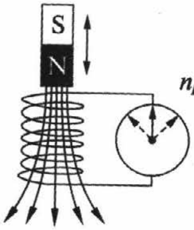
q движется по окружности с v=const

$$R = \frac{mv}{|q|\,B}$$

Применение: циклотрон (ускоритель q), масс-спектрограф.

(OK–11.3) **ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ**

М. Фарадей (англ.) 1831 г.



Явление ЭМИ

возникновение I_i в замкнутом контуре при изменении МП, проходящего через него.

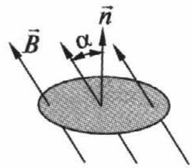
Магнитный поток

$$\Phi = BS\cos\alpha$$

СИ:

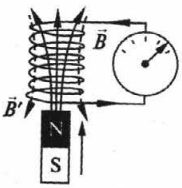
[Ф] = 1 Вб

вебер



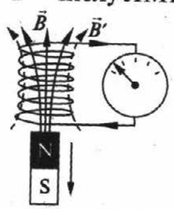
Ф ~ числу ЛМИ

Правило Ленца



$\Phi\uparrow \Rightarrow \Delta\Phi>0$

I_i своим МП препятствует $\Delta\Phi$, которым он вызван

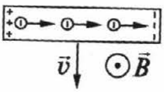


$\Phi\downarrow \Rightarrow \Delta\Phi<0$

Закон ЭМИ

$$\mathscr{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$\mathscr{E}_i$ в движущихся в МП проводниках



$$\mathscr{E}_i = vBl\sin\alpha$$

$\alpha = \angle(\vec{B};\vec{v})$

(ОК–11.4)

САМОИНДУКЦИЯ

явление возникновения ЭДС самоиндукции в проводящем контуре при изменении через контур тока.

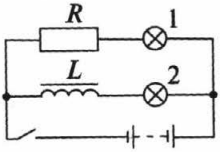
$\sim I \Rightarrow \sim \Phi \Rightarrow \mathscr{E}_{is} \Rightarrow$ по правилу Ленца:

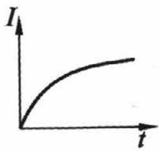
при $\uparrow I \Rightarrow$ вихревое поле препятствует $\uparrow I$

при $\downarrow I \Rightarrow$ вихревое поле препятствует $\downarrow I$

Проявление самоиндукции

При замыкании ключа



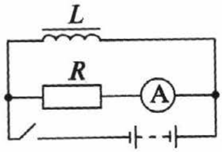


1 вспыхивает сразу

2 вспыхивает позже

($\mathscr{E}_{is}$ – велико $\Rightarrow \uparrow I$ постепенно)

При размыкании ключа



В катушке $L \Rightarrow \mathscr{E}_{is}$

поддерживает $I\uparrow$

($\mathscr{E}_{is} > \mathscr{E}_{\text{и.т.}}$)

ИНДУКТИВНОСТЬ

физ. величина, численно равная $\mathscr{E}_{is}$ в контуре при ΔI на 1 А за 1 с

$$\mathscr{E}_{is} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

СИ: $[L] = 1$ Гн
генри

L →

зависит от:
- размеров проводника
- формы проводника
- магнитных свойств среды

не зависит от:
- I в проводнике

Энергия МП тока

$$W_{м} = \frac{Li^2}{2}$$

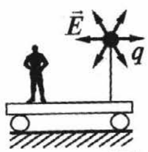
Электромагнитное поле (теория Максвелла)

$\sim$ ЭП $\Rightarrow \sim$ МП
(гипотеза Максвелла)

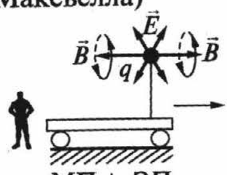


если $\frac{\Delta E}{\Delta t} > 0$

$\vec{B}$ опр-ся правым винтом



только ЭП



МП + ЭП

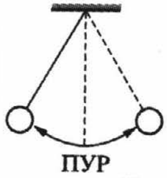
$\sim$ МП $\Rightarrow \sim$ ЭП $\Rightarrow \sim$ МП $\Rightarrow$ ...

электромагнитное поле

ОК–11.5 МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

движения, которые точно или приблизительно повторяются через одинаковые промежутки времени

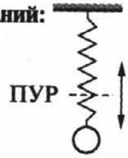
Свободные колебания – колебания под действием *внутренних сил* после выведения системы из положения равновесия.



Условия возникновения свободных колебаний:

– при выведении тела из ПУР возникает $F_{рез.} \to$ ПУР

– $F_{тр} \to 0$



Характеристики механических колебаний

Амплитуда колебаний (x_m) – наибольше отклонение тела от ПУР.

Период колебаний (T, с) – время, через которое движение тела полностью повторяется.

Частота колебаний (ν, Гц) – число колебаний за 1 с.

Циклическая (круговая) частота (ω_0, рад/с) $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad \nu = \frac{1}{T}$

Математический маятник

материальная точка, колебл. на нерастяж. и невесомой нити.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$ формула Гюйгенса

Груз на пружине

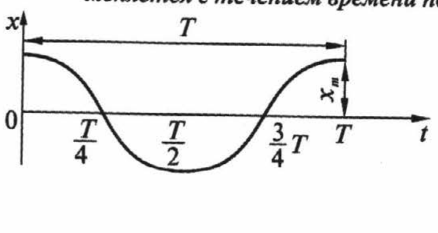
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

k – жесткость пружины

m – масса груза

Гармонические колебания

физическая величина, характеризующая колебания меняется с течением времени по закону sin или cos.



Уравнение гармонических колебаний

$x = x_m \cos \omega_0 t$

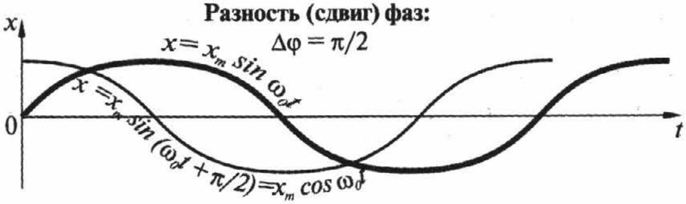
(ОК–11.6) # МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

(продолжение)

Фаза колебаний (φ, рад) – *величина, стоящая под знаком cos или sin; определяет при заданной амплитуде состояние колебательной системы в любой момент времени.*

Разность (сдвиг) фаз:

$\Delta\varphi = \pi/2$



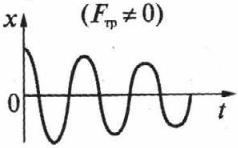
Преобразование энергии при колебаниях

($F_{тр} \to 0$)

$$W = W_к + W_п = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2} = \text{const}$$

Затухающие колебания

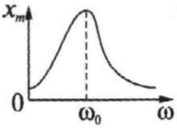
($F_{тр} \neq 0$)



Вынужденные колебания

колебания под действием периодически меняющихся внешних сил.

Резонанс – *резкое возрастание амплитуды колебаний при совпадении частоты изменения внешней силы, действующей на систему, с частотой свободных колебаний* ($\omega = \omega_0$).



разрушение мостов
вибрация фундаментов, крыльев самолетов
частотомер

ОК–11.7

МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

Волна – *колебания, распространяющиеся в пространстве с течением времени без переноса энергии и вещества.*

Причины возникновения волн

в воздухе, тв. т. и внутри ж. — действие $F_{упр}$

на пов-ти ж. — действие $F_{тяж}$, $F_{пов. натяж}$

Поперечные волны

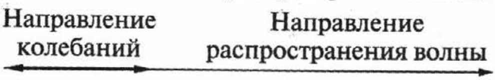
частицы среды колеблются *перпендикулярно* направлению распространения волны



деформация сдвига
в тв. т. и на пов-ти ж.

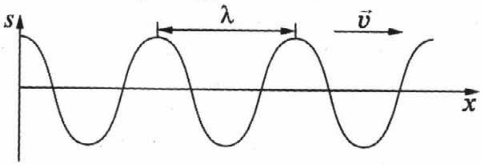
Продольные волны

частицы среды колеблются *вдоль* направления распространения волны



деформация сжатия
в тв. т., ж. и г.

Длина волны (λ) – расстояние, на которое распространяется волна за время, равное T.



v – скорость волны

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$$

Распространение волн в упругих средах

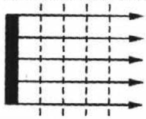
Волновые поверхности – поверхности равной фазы.

Луч – линия, вдоль которой распространяется волна.

Фронт волны – ГМТ, до которых дошли возмущения в данный момент времени.

плоская волна

$E_{волны} = const$



сферическая волна

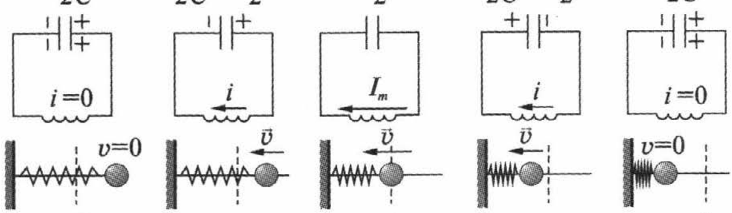


при $\uparrow R \Rightarrow E_{волны}\downarrow$

(ОК–11.8) КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Электромагнитные колебания – *периодические или почти периодические изменения q, I и U.*

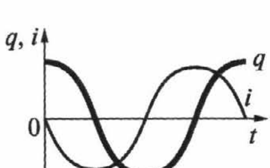
$\frac{q_m^2}{2C}$ $\frac{q^2}{2C}+\frac{Li^2}{2}$ $\frac{LI_m^2}{2}$ $\frac{q^2}{2C}+\frac{Li^2}{2}$ $\frac{q_m^2}{2C}$



$\frac{kx_m^2}{2}$ $\frac{kx^2}{2}+\frac{mv^2}{2}$ $\frac{mv_m^2}{2}$ $\frac{kx^2}{2}+\frac{mv^2}{2}$ $\frac{kx_m^2}{2}$

Аналогия

Механическая величина	**Электрическая величина**
x – координата v – скорость m – масса k – жесткость пружины $\frac{kx^2}{2}$ – потенциальная энергия $\frac{mv^2}{2}$ – кинетическая энергия	q – заряд I – сила тока L – индуктивность $1/C$ – величина, обратная емкости $\frac{q^2}{2C}$ – энергия электрического поля $\frac{Li^2}{2}$ – энергия магнитного поля



$q = q_m \cos \omega_0 t$

$i = I_m \cos (\omega_0 t + \pi/2)$

формула Томсона

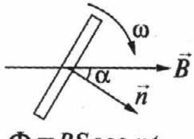
$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

э/м колебания **гармонические**

(ОК–11.9)

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

вынужденные э/м колебания



$\Phi = BS\cos\omega t$

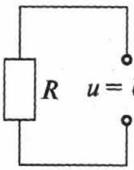
$e = \mathscr{E}_m \sin\omega t$

$u = U_m \sin\omega t$

$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$

(φ – сдвиг фаз между I и U)

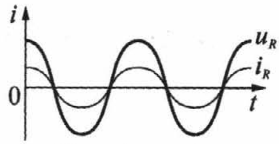
Активное сопротивление



$u = U_m \cos\omega t$

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos\omega t}{R} = I_m \cos\omega t$$

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$



Колебания i и u совпадают по фазе

Средняя мощность

$$\bar{P} = \bar{i}^2 R = \frac{I_m^2 R}{2}$$

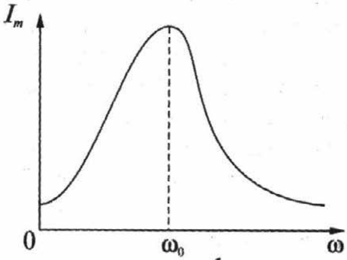
Действующие значения *i* и *u*

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$P = I^2R = UI$ – среднее значение мощности переменного тока

Резонанс

резкое $I_m \uparrow$ вынужденных колебаний при $\omega_{внеш} = \omega_0$ колебательного контура.



$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Использование:
– в радиосвязи

Вред:
– перегрев проводов при $\uparrow I$
– пробой изоляции при $\uparrow U$

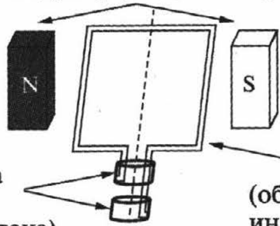
OK–11.10

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Индукционный генератор переменного тока ($E_{мех} \Rightarrow W_{эл}$)

индуктор (создает МП)

Генератор большой *P*
статор – якорь
ротор – индуктор



Генератор малой *P*
статор – индуктор
ротор – якорь

контактные кольца со щетками
(для снятия и подачи тока)

якорь
(обмотка, в которой индуцируется ЭДС)

Передача электроэнергии

потери энергии: $Q = I^2Rt$ (R – сопротивление ЛЭП)



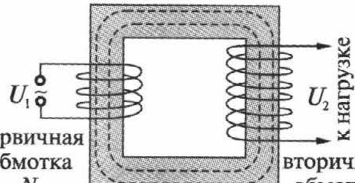
(ОК–11.11)

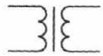
ТРАНСФОРМАТОРЫ

устройства для преобразования переменного тока

(1878 г. – П. Н. Яблочков)

Устройство трансформатора





Принцип действия:
(явление ЭМИ)
$\sim i_1 \Rightarrow \sim \Phi_1 \Rightarrow e_i$
(в каждой обмотке)
По закону ЭМИ:
$e_i = -\Phi'$

Трансформатор на холостом ходу

($i_2 = 0$)

$e_1 = N_1 e$, $e_2 = N_2 e$ → $\dfrac{e_1}{e_2} = \dfrac{N_1}{N_2}$

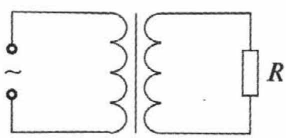
$R \approx 0 \Rightarrow |u_1| \approx |e_1|$ $\qquad$ $i_2 = 0 \Rightarrow |u_2| = |e_2|$

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\mathscr{E}_1}{\mathscr{E}_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

K – коэффициент трансформации
$K > 1$ – понижающий трансформатор
$K < 1$ – повышающий трансформатор

Работа нагруженного трансформатора

($i_2 \neq 0$)

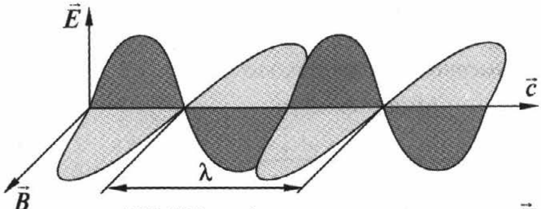


$$P_1 = P_2 \Rightarrow U_1 I_1 \approx U_2 I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

КПД ≈ 97-99%

(ОК–11.12) ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

процесс распространения электромагнитного поля



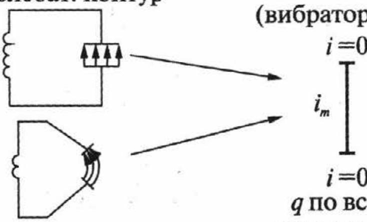
$c \approx 300\,000$ км/с — скорость ЭМ волн в вакууме

$\vec{E} \perp \vec{B}$ — ЭМ волны – поперечные

Экспериментальное обнаружение ЭМ волн (опыты Герца)

ЭМ колебания высокой $\nu \Rightarrow$ интенсивные ЭМ волны

Закрытый колебат. контур ⟶ **Открытый** колебат. контур (вибратор Герца)



$LC\downarrow$

$\Downarrow$

$\uparrow\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

q по всему проводнику

Излучающий вибратор

Приемный вибратор (резонатор)

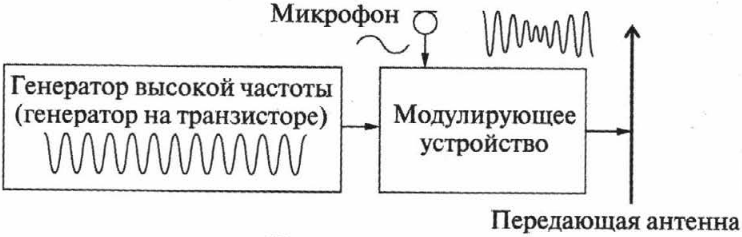


(ОК–11.13) ПРИНЦИПЫ РАДИОСВЯЗИ

(изобретение радио: А.С. Попов – 1895 г.)

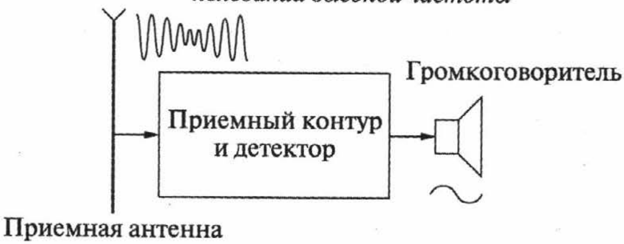
Амплитудная модуляция

изменения со звуковой частотой амплитуды высокочастотных колебаний



Детектирование

выделение низкочастотных колебаний из модулированнных колебаний высокой частоты



Свойства ЭМ волн:

поглощение, отражение, преломление, поляризация

Распространение радиоволн

КВ (10 м $< \lambda <$ 100 м) для радиосвязи на любых расстояниях.

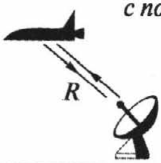
ДВ ($\lambda >$ 100 м) для радиосвязи на ограниченных расстояниях.

УКВ ($\lambda <$ 10 м) для радиосвязи в пределах прямой видимости.

Радиолокация

обнаружение и определение местонахождения объектов с помощью радиоволн

$$R=\frac{ct}{2}$$



Радиолокатор (генератор СВЧ)
– $\nu = 10^8 - 10^{11}$ Гц
– острая направленность
– импульсный режим излучения

(ОК–11.14)

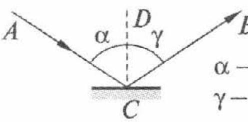
СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

Корпускулярная теория света (Ньютон) → Свет – поток частиц (перенос вещества) → Квантовые свойства света (при излучении и поглощении)

Волновая теория света (Гюйгенс) → Свет – волны → Электромагнитная теория света (Максвелл – XIX в.)

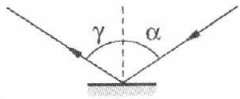
Скорость света вакууме c = 300000 км/с

ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА



α – угол падения

γ – угол преломления

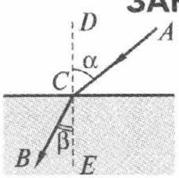


Обратимость хода световых лучей

– AC, CB, DC - в одной плоскости

– $\alpha = \gamma$

ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА



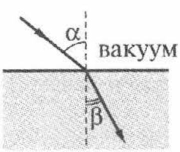
– AC, CB, DE- в одной плоскости

– $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$ – относительный показатель преломления

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = n$$

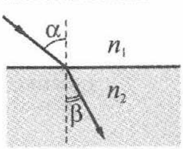
v_1 – скорость света в 1 среде

v_2 – скорость света во 2 среде



$n = \frac{c}{v}$

абсолютный показатель преломления



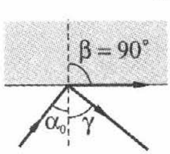
$$\left.\begin{array}{l} n_1 = \frac{c}{v_1} \\ n_2 = \frac{c}{v_2} \end{array}\right\} \rightarrow n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

$n_1 < n_2$

среда 1

оптически менее плотная

Полное отражение



$$\sin\alpha_0 = \frac{1}{n}$$

α_0 – **предельный угол полного отражения**

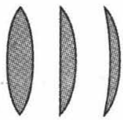
(ОК–11.15)

ЛИНЗА

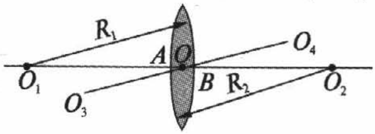
прозрачное тело, ограниченное сферическими поверхностями

Виды линз

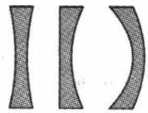
Собирающие линзы
выпуклые



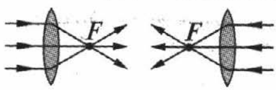
Тонкая линза:
толщина линзы $AB << R_1$ и R_2



Рассеивающие линзы
вогнутые



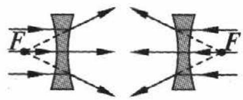
O – оптический центр линзы; O_1O_2 – главная оптическая ось
O_3O_4 – побочная оптическая ось



F
главный фокус линзы



OF – фокусное расстояние
AB – фокальная плоскость



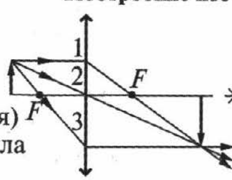
F
главный фокус линзы (мнимый)

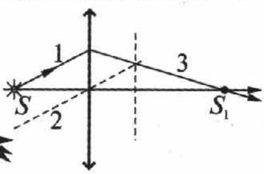
Оптическая сила линзы

$$D = \pm \frac{1}{|F|}$$

$[D]$ = 1 дптр (диоптрия)
1 дптр – оптическая сила линзы с F = 1 м

Построение изображения в линзах



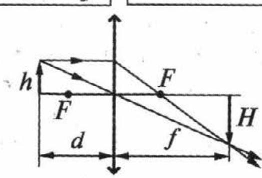


$D > 0$ – линза собирающая; $D < 0$ – линза рассеивающая

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$$



Линейное увеличение линзы (Γ)

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}$$

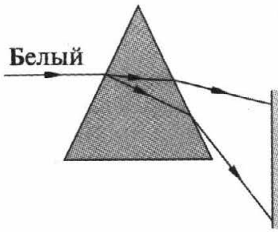
H – высота изображения
h – высота предмета

(OK–11.16) # СВОЙСТВА СВЕТОВЫХ ВОЛН

Дисперсия света (Ньютон)

зависимость n среды от ν световой волны

Опыты Ньютона



Как
Однажды
Жак
Звонарь
Городской
Сломал
Фонарь

$n_ф = \frac{c}{v_ф}$ $n_к = \frac{c}{v_к}$

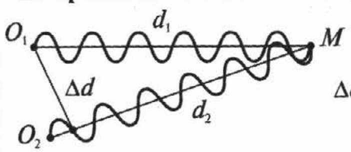
$v_к > v_ф \Rightarrow n_ф > n_к \Rightarrow$ **дисперсия**

Интерференция света

перераспределение интенсивности света в результате наложения нескольких когерентных световых волн

Когерентные источники волн – имеют одинаковую ν и $\Delta\varphi$=const.

Когерентные источники ⇒ когерентные волны.

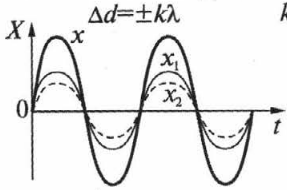


$\Delta d = d_2 - d_1$ – разность хода волн

Условие максимумов

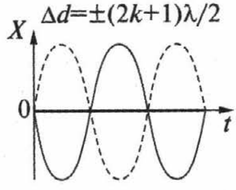
$\Delta d = \pm k\lambda$

k=0, 1, 2, ...

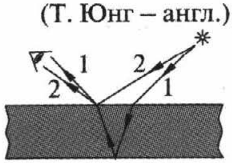


Условие минимумов

$\Delta d = \pm(2k+1)\lambda/2$

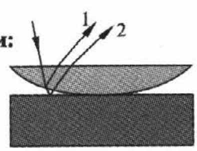


В тонких пленках
(Т. Юнг – англ.)



Применение интерференции:
– проверка качества обработки поверхностей
– просветление оптики

Кольца Ньютона



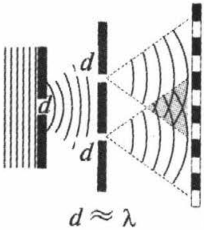
(ОК–11.17)

СВОЙСТВА СВЕТОВЫХ ВОЛН

Дифракция света

огибание волнами препятствий

опыт Т. Юнга (1802 г.)



Принцип Гюйгенса - Френеля:
Каждая точка волнового фронта является источником вторичных волн, причем все вторичные источники когерентны.

Дифракционная решетка

большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов нанесённых на некоторую поверхность

$d \sin \varphi = k\lambda$

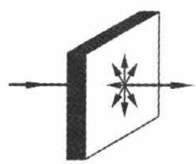
$k = 0, 1, 2, \ldots$
определяет порядок спектра
d – период решетки
φ – угол максимума данного цвета

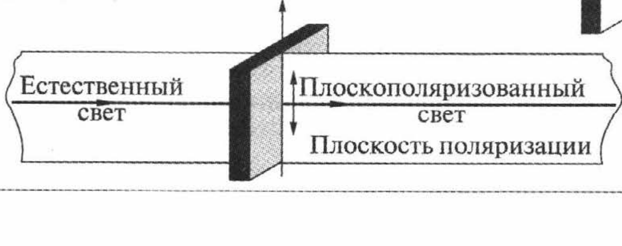
Поперечность световых волн

Опыты с кристаллами турмалина



Естественный свет – световой поток, в котором колебания происходят по всем направлениям, ⊥ направлению распространения волн.





(ОК–11.18)

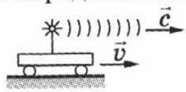
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

← Принцип относительности →

в механике: *механические явления протекают одинаково во всех ИСО*	**в электродинамике:** *справедлив ли?*

Противоречия между электродинамикой и механикой Ньютона:

Согласно законам электродинамики:
$u = c = 300\,000$ км/с



Согласно закону сложения скоростей (механика Ньютона):
$\vec{u}=\vec{v}+\vec{c}$

↘ А. Эйнштейн ↙

Постулаты теории относительности

1. Все процессы в природе протекают одинаково во всех ИСО.

2. Скорость света вакууме одинакова во всех ИСО и не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника светового сигнала.

Относительность одновременности:
одновременность пространственно разделенных событий относительна.

Основные следствия из постулатов теории относительности

Относительность расстояний

$$l=l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

l_0 – длина стержня в системе отсчета K
l – длина стержня в системе отсчета K_1
$l<l_0$

Относительность промежутков времени

$$\tau=\frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$\tau>\tau_0$

τ_0 – интервал времени между двумя событиями в системе отсчета K
τ – интервал времени между двумя событиями в системе отсчета K_1

Релятивистский закон сложения скоростей

$$v_2=\frac{v_1+v}{1+\frac{v_1 v}{c^2}}$$

$$E = mc^2$$

E – энергия покоя
m – масса покоя

OK–11.19

ИЗЛУЧЕНИЕ И СПЕКТРЫ

Виды излучений

Тепловое излучение

Солнце,
лампа накаливания,
пламя

Люминесцентное излучение

Электро... северное сияние, рекламные трубки

Катодо... экраны ЭЛТ

Хеми... светлячки, гнилушки, бактерии

Фото... светящиеся краски, лампы дневного света

Виды спектров

Спектры излучения:

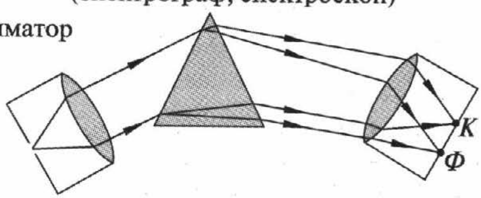
1. **Непрерывные (сплошные)** – *тела в тв. или ж. состоянии, сильно сжатые газы, высокотемпературная плазма.*
2. **Линейчатые** – *раскаленные газы в атомарном состоянии*
3. **Полосатые** – *раскаленные газы в молекулярном состоянии*

Спектры поглощения – *газ поглощает те световые волны, кот. сам испускает*

Спектральные аппараты

(спектрограф, спектроскоп)

Коллиматор



Спектральный анализ

метод определения хим. состава вещества по его спектру.

1. Чувствительный метод (~ 10^{-10} г)
2. Открыты новые элементы (рубидий, цезий, гелий...)
3. Химический состав Солнца, звезд, галактик
4. Контроль состава вещества в металлургии, машиностроении
5. Химический состав руд и минералов
6. В астрофизике по спектрам определяют t, p, υ, B

(OK–11.20)

ВИДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Инфракрасное (тепловое) излучение

$3\cdot10^{11}$ Гц $<\nu<$ $3{,}75\cdot10^{14}$ Гц; λ=780 нм – 1 мм

(излучает любое нагретое тело)

1. Нагревают тела
2. Применяют для сушки лакокрасочных покрытий, овощей, фруктов
3. Приборы ночного видения (бинокли, оптические прицелы...)

Ультрафиолетовое излучение

$8\cdot10^{14}$ Гц $<\nu<$ $3\cdot10^{16}$ Гц; λ= 10–380 нм

(излучает Солнце, ртутные лампы)

1. Высокая химическая активность (засвечивают фотобумагу)
2. В малых дозах полезно (способствуют росту и укреплению организма, образование загара, витамина D_2, положительно влияют на ЦНС)
3. Высокая биологическая активность (бактерицидное действие)

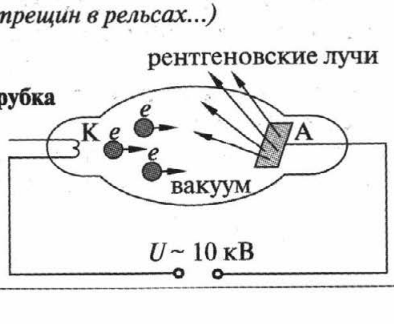
Рентгеновские лучи (*X*-лучи)

$3\cdot10^{16}$ Гц $<\nu<$ $3\cdot10^{20}$ Гц; 10^{-10} м $<\lambda<10^{-9}$ м

(В. Рентген нем. – 1895 г.)

1. Возникают при торможении быстрых электронов
2. Большая проникающая способность
3. Большая химическая и биологическая акт-ть (действуют на фотоматериалы, ионизируют воздух)
4. В медицине (для постановки правильного диагноза, лечение раковых заболеваний)
5. Исследования структуры кристаллов и сложных органических молекул
6. Рентгеновская дефектоскопия (метод обнаружения раковин в отливках, трещин в рельсах...)

Рентгеновская трубка



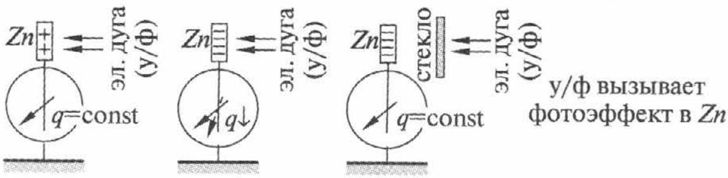
(ОК–11.21)

СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

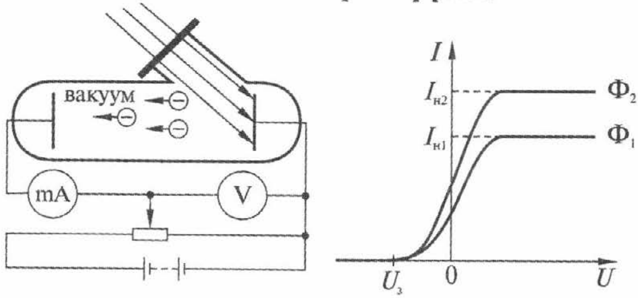
Фотоэффект:

испускание электронов веществом под действием света.

(Г. Герц – 1887 г., А.Г. Столетов – 1888 г.)



Законы фотоэффекта



I закон фотоэффекта:

Фототок насыщения прямо пропорционален падающему световому потоку.

II закон фотоэффекта:

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно растет с частотой света и не зависит от его интенсивности.

Если $\nu<\nu_{min}$ для данного вещества $\Rightarrow$ ф/э не происходит

III закон фотоэффекта

Для каждого вещества существует максимальная длина волны, при которой фотоэффект еще наблюдается. При больших длинах волн фотоэффекта нет.

(OK–11.22)

ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА

А. Эйнштейн (1905 г.)

Свет имеет прерывистую структуру и поглощается порциями.

Формула Планка

E – энергия одной порции $\boxed{E = h\nu}$ $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с постоянная Планка

Уравнение Эйнштейна

$$\boxed{h\nu = A + \frac{mv^2}{2}}$$

A – работа выхода электрона из *Me*

При $h\nu > A \Rightarrow$ ф/э возможен.

$A = f$ (рода вещества) $\Rightarrow \nu_{min} = f$ (рода вещества)

$\nu_{min} = \dfrac{A}{h}$ – **красная граница ф/э** $\lambda_{max} = \lambda_{кр} = \dfrac{hc}{A}$

Фотоны (световые кванты)

$E = h\nu = \hbar\omega$ – энергия фотона

$E = mc^2 \Rightarrow m = \dfrac{h\nu}{c^2}$ – масса фотона

$p = mc = \dfrac{h\nu}{c} = \dfrac{h}{\lambda}$ – импульс фотона

Корпускулярно-волновой дуализм света

волновые свойства	корпускулярные свойства
при распространении	при излучении и поглощении

Гипотеза де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

e и др. частицы обладают волновыми св-вами

Применение фотоэффекта

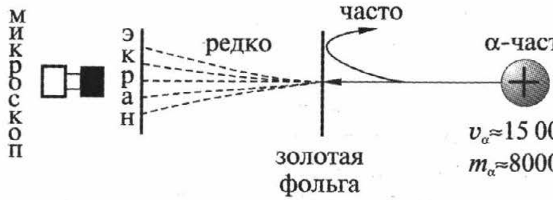
– звук в кино,
– передача движущихся изображений
– солнечные батареи

(ОК–11.23)

СТРОЕНИЕ АТОМА

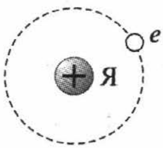
1903 г. модель Дж. Томсона (1903 г.) ”пудинг с изюмом”

1912 г. **опыт Резерфорда по рассеиванию α-частиц:**



$v_\alpha \approx 15\,000$ км/с

$m_\alpha \approx 8000\, m_e$



Планетарная модель атома

Атом = Ядро + Электроны

$d_я \sim 10^{-14}–10^{-15}$ м; $m_я \approx m_а$; $q_я = Ze$

Противоречия планетарной модели атома и классической физики

Классическая физика:
e по орбите с $\vec{a} \Rightarrow$ излучение ЭМ волн $\Rightarrow$
e по спирали к ядру $\Rightarrow t_{сущ} \approx 10^{-8}$ с.

Но:
атом устойчив!!!

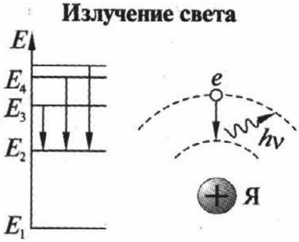
Постулаты Н. Бора (1913 г.)

1 постулат: **Существуют особые, стационарные состояния атома, находясь в которых атом не излучает энергию.**

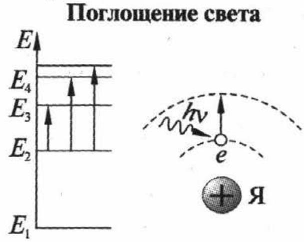
2 постулат: **Излучение света происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое.**

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n \Rightarrow \nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$$

Излучение света



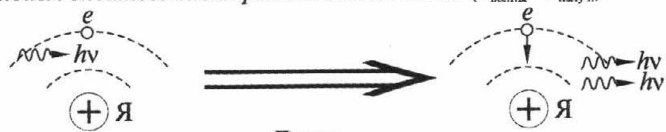
Поглощение света



(ОК–11.24)

ЛАЗЕРЫ

Индуцированное излучение: (предсказал Эйнштейн – 1917 г.) *излучение фотонов частицей вещества (атомом, молекулой) под действием внешнего электромагнитного поля.* ($\nu_{волны}=\nu_{излуч.}$)



Лазер

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

усиление света посредством вынужденного излучения

В. А. Фабрикант – 1940 г.,

Н. Г. Басов, А. М. Прохоров, Ч. Таунс (амер.) – 1954 г.

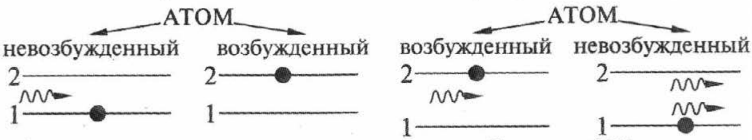
первый лазер – 1960 г. в США

Свойства лазерного излучения:

1. Малая расходимость (на Луне круг d=30 м).
2. Высокая монохроматичность.
3. Огромная мощность излучения – $P\approx10^{17}$ Вт/см^2 (у Солнца $P\approx7000$ Вт/см^2)

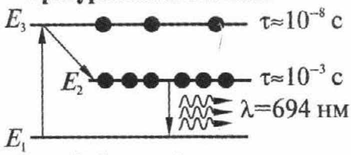
Принцип действия лазеров

Поглощение $E=h\nu$ | Индуцированное излучение



Усиление ЭМ волны

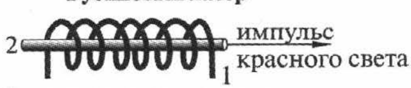
Трехуровневая система



Типы лазеров:

– импульсные (рубиновый)
– непрерывного действия (газовые, полупроводниковые, газодинамические)

Рубиновый лазер



1 – газоразрядная лампа (сине-зеленый свет)

2 – кристалл рубина

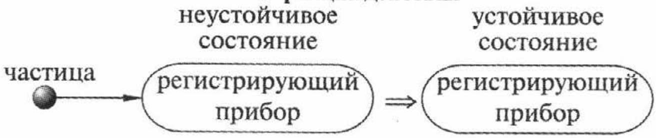
Применение лазеров:

– медицина
– обработка металлов
– лазерная локация
– для записи и хранения информации

(ОК–11.25)

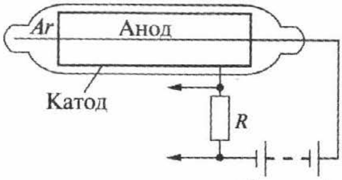
МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Принцип действия



Счетчик Гейгера

для автоматического подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц.



Принцип действия: ударная ионизация.
Регистрирует только : e и γ-кванты (фотонов большой энергии)

Камера Вильсона (1912 г.)



Принцип действия:
конденсация перенасыщенного пара.
П. Л. Капица и Д. В. Скобельцын – камеру Вильсона в однородное магнитное поле.

Пузырьковая камера (Д. Глезер амер. – 1952 г.)



Жидкость при $t > t_к$, нет кипения, т.к. велико p.
При резком $\downarrow p \Rightarrow$ жидкость перегретая.
Ионы – центры парообразования $\Rightarrow$ вдоль пути частицы $\Rightarrow$ след (трек).
Преимущество: большая плотность рабочего вещества $\Rightarrow$ треки короче $\Rightarrow$ наблюдают серию превращений частиц.

Метод толстослойных фотоэмульсий
(Л. В. Мысовский и А. П. Жданов)

Кристаллики AgBr расщепляются под действием элем. частиц $\Rightarrow$ скрытое изображение $\Rightarrow$ при проявлении восстан. металл. серебро $\Rightarrow$ трек (аналог фотографии).
Большая плотность фотоэмульсии $\Rightarrow$ треки короткие.
Преимущество: время экспозиции велико $\Rightarrow$ можно регистрировать редкие явления.

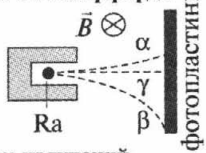
(ОК–11.26) ЯВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

способность нестабильных ядер превращаться в другие ядра, сопровождающееся испускание различных частиц

Открытие радиоактивности

А. Беккерель (фр.) – 1896 г.
(соли U самопроизвольно излучают)
М. и П. Кюри (фр.) – 1898 г.
(излучение Th, Po, Ra)

Опыт Э. Резерфорда

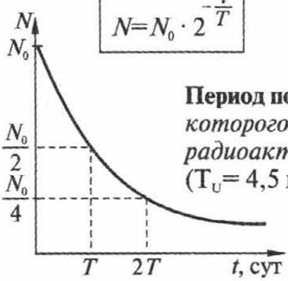


Физическая природа и свойства α-, β- и γ-излучений

	природа	скорость	отклонение в ЭП и МП	проникающая способность
α-частицы	ядра атома He	15 000 км/с	отклоняются в ЭП и МП	маленькая: задерживает слой бумаги 0,1 мм
β-лучи	электроны	скорости различны	отклоняются в ЭП и МП сильнее α-частиц	большая: задер-ся слоем Al в неск. мм
γ-лучи	ЭМ волны	300 000 км/с	не отклоняются в ЭП и МП	большая: задер-ся слоем Pb в неск. мм

Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$



Правило смещения

при α-распаде:

$${}^{M}_{Z}X \rightarrow {}^{M-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

при β-распаде:

$${}^{M}_{Z}X \rightarrow {}^{M}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$$

Период полураспада *T* *– время, в течение которого распадается половина данного кол-ва радиоактивных ядер.*
(T_U= 4,5 млрд. лет, T_{Ra}= 1600 лет)

Изотопы

Ф. Содди (англ.) – 1911 г. *предположение о существовании*

опыт Дж. Томсона (англ.) – 1912 г. *подтверждение*

– $q_я$ одинаков (одинаковые хим. свойства)
– m атома разная (различные физ. свойства)

Пример изотопов: водород – дейтерий – тритий

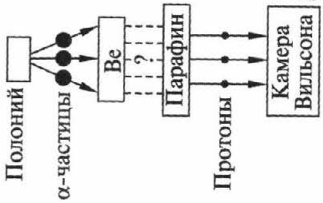
ОК–11.27 СТРОЕНИЕ АТОМНОГО ЯДРА

Искусственное превращение атомных ядер

Резерфорд (1919 г.): $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$ $m_p \approx 1838{,}6 m_e$

протон (p)

Открытие нейтрона



И. Кюри и Ф. Жолио-Кюри (фр.)

Дж. Чэдвик (1932 г.)

$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$

нейтрон

$m_n \approx 1836{,}1 m_e$

Модель ядра (протонно-нейтронная)

Д. Иваненко (сов.), В. Гейзенберг (нем.)

(1932 г.)

$A = Z + N$

A – массовое число

Z – зарядовое число

N – кол-во нейтронов

$(p) \longleftrightarrow (n)$ Ядерные силы

короткодействующие

(в 100 раз > F электр.)

Энергия связи атомных ядер

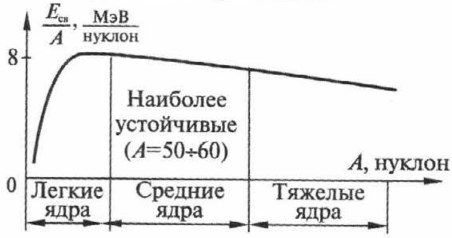
энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц

$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_я$ – **дефект массы**

$E_{св} = \Delta Mc^2 = (Zm_p + Nm_n - M_я)c^2$ – **энергия связи ядра**

E (при образ. 4 г He) $= E$ (при сгорании 1,5–2 вагонов кам. угля)

Удельная энергия связи



Ядерные реакции

на быстрых протонах (1932 г.)

$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He$

на нейтронах

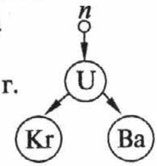
$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He$

Энергетический выход ядерной реакции

$E_{вых} = (E_я + E_{част.})_{до} - (E_я + E_{част.})_{после}$

(ОК–11.28) ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР УРАНА

Открытие деления урана



О. Ган, В Штрассман (нем.) – 1938 г.

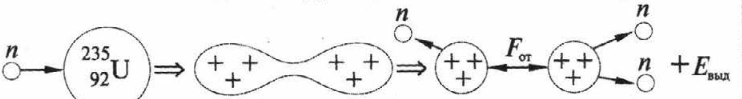
О. Фриш (англ.), Л. Мейтнер (австр.) – 1939 г.

Деление ядер возможно, т.к.:

$$M_{\text{U}} > M_{\text{Ba}} + M_{\text{Kr}} \Rightarrow \Delta E_{\text{выд}} = \Delta M_{\text{покоя}} c^2$$

При делении ядра: $\frac{E_{\text{св}}}{A} \uparrow$ на 1 МэВ $\Rightarrow \Delta E_{\text{выд}} \approx 200$ МэВ (168 МэВ на $E_{\text{к}}$ осколков)

Механизм деления урана (капельная модель ядра)



v осколков ≈ (1/30)c

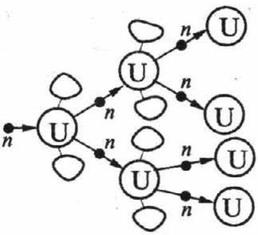
E(делении 1 г U) = E (сгорании 2,5 т нефти)

Спонтанное деление ядер урана

Г. Н. Флеров, К. А. Петржак (СССР) – 1940 г.

Цепные ядерные реакции

Естественный U:
- 1 атом → $^{235}_{92}\text{U}$ делятся быстрыми и медленными n
- 140 атомов → $^{238}_{92}\text{U}$ делятся быстрыми (E >1МэВ) 60% быстрых n, но! только 1/5 вызывает деление



Коэффициент размножения нейтронов k

$$k = \frac{N_n \text{ в каком-либо “поколении”}}{N_n \text{ в предшествующем “поколении”}}$$

(k <1 – затухает, k >1 – взрыв, k =1 – спокойное течение)

Образование плутония

$^{238}_{92}\text{U} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}\text{U}$ $(T_{\text{U}} = 23$ мин$)$

$^{239}_{92}\text{U} \rightarrow ^{239}_{93}\text{Np} + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\tilde{\nu}_e$ $(T_{\text{пр}} = 2$ дня$)$

$^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{239}_{94}\text{Pu} + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\tilde{\nu}_e$ $(T_{\text{pu}} = 24\,000$ лет$)$

$^{239}_{94}\text{Pu}$ делится медленными n

(ОК–11.29)

ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР. ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

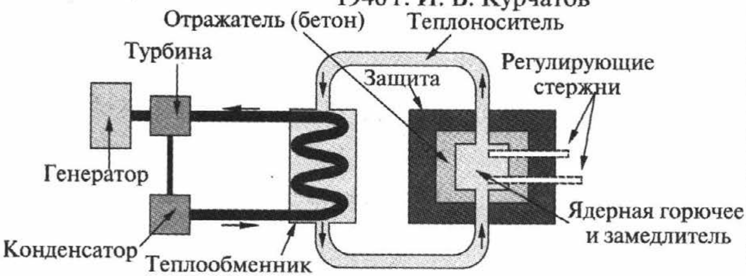
Процессы в ядерном реакторе



Основные элементы ядерного реактора

1942 г. Э. Ферми – США,

1946 г. И. В. Курчатов



Критическая масса – *min* масса делящегося в-ва, при которой может протекать ЦЯР (для U – 50 кг).

Замедлители *n* (графит, H_2O, тяжелая вода) и отражающая оболочка (Be) ↓ крит. массу до 250 г

Термоядерная реакция

реакция слияния легких ядер при очень высокой *t*.

$^2_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n + 17{,}6$ МэВ 3,5 МэВ на 1 нуклон

Необходима высокая *t* для преодоления *F* отталкивания

Неуправляемая термоядерная реакция – **водородная бомба**

Управляемая термоядерная реакция – проблема!

(ОК–11.30)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Поглощенная доза излучения

величина энергии ионизирующего излучения, переданной веществу

$$D = \frac{E}{m}$$

E - поглощенная энергия ионизирующего излучения
m - масса облучаемого вещества

СИ: $1\ Гр = 1\frac{Дж}{кг}$
Грей

Естественный фон радиации за год
$2 \cdot 10^{-3}$ Гр на человека
Смертельная доза 3-10 Гр (за короткое время)

Экспозиционная доза излучения

ионизирующая способность излучения

$$Э = \frac{Q}{m}$$

Q - суммарный q ионов одного знака, образованный ионизирующим излучением поглощённый в некоторой массе сухого воздуха
m - масса воздуха

$1\ Р = 1\ \frac{Кл}{кг}$ $\quad$ 1 Р = 0,01 Гр
Рентген

Эквивалентная доза поглощенного излучения

оценка действия излучения на живые организмы

$$H = D \cdot k$$

D - поглощенное излучение
k - коэффициент качества

1 Зв = 1
Зиверт

$k_\gamma = k_\beta = 1$
$k_\alpha = 20$

$k_n = \begin{cases} 3 \text{ (тепловые нейтроны)} \\ 10 \text{ (средние нейтроны)} \\ 7 \text{ (быстрые нейтроны)} \end{cases}$

Биологическое действие радиоактивного излучения

Первичное действие (Н-, ОН-, H_2O-, H_2O_2-).
Наружное облучение (все тело 0,05 Р/сутки).
Внутренне облучение.

Радиационные эффекты

Соматические (телесные)	Генетические
1. Лучевая болезнь.	1. Генные мутации.
2. Лучевые ожоги.	2. Хромосомные абберации.
3. Лейкозы.	
4. Раковые опухоли.	

Разноуровневые задания

РЗ–11.1. Магнитное поле (сила Ампера)

Задания уровня «А»

1. Определите магнитную индукцию поля, в котором на квадратную рамку с током 10 А действует момент сил 0,2 Н × м. Сторона квадрата равна 20 см. Рамка расположена перпендикулярно магнитному полю.

2. На прямой проводник длиной 1 м, расположенный перпендикулярно к магнитному полю с индукцией 0,02 Тл, действует сила 0,15 Н. Определите величину тока, протекающего в проводнике.

3. На линейный проводник длиной 0,1 м. расположенный перпендикулярно магнитному полю, действует сила 30 Н. если ток в проводнике равен 1,5 А. Найдите индукцию магнитного поля.

4. Какова сила тока в проводнике, если однородное магнитное поле с магнитной индукцией 2 Тл действует на его участок длиной с силой 0.5 Н? Угол между направлением линий магнитной и проводником с током равен 30°.

5. Определите наибольшее значение силы, действующей на провод длиной 0,6 м с током 10 А, в однородном магнитном поле индукция которого равна 1,5 Тл.

6. На проводник длиной 0,5 м с током 20 А действует с силой 0,5 Н однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,1 Тл. Определите в градусах угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

7. Проводник массой 4 г расположен горизонтально в однородном магнитном поле с индукцией. Сила тока, протекающего по проводнику, равна 10 А. При какой длине проводника сила тяжести, действующая на проводник, уравновесится силой Ампера?

8. В однородном вертикальном магнитном поле индукцией $B = 0{,}2$ Тл на двух нитях горизонтально подвешен прямолинейный проводник длиной $l = 0{,}5$ м. Сила тока в проводнике составляет 23 А. Какова масса проводника, если под действием силы Ампера в установившемся положении нити отклонились на угол а = 30° от вертикали.

9. Проводник находится в равновесии в горизонтальном магнитном поле с индукцией 48 мТл. Сила тока в проводнике равна 23 А. Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен 60°. Определите длину проводника, если его масса равна 0,0237 кг.

10. По горизонтальному проводу длиной 40 см и массой 4 г проходит ток силой 2,5 А. Провод поместили в однородное магнитное поле с индукцией 39 мТл. Определите ускорение свободного падения по данным задачи, если проводник висит, не падая.

Задания уровня «В»

1. Виток диаметром 0,2 м может вращаться вокруг вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установлен в плоскости магнитного меридиана, и сила тока в нем равна 10 А. Найдите механический момент, который надо приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении. Горизонтальная составляющая магнитной индукции поля Земли составляет 20 мкТл.

2. По металлическому стержню длиной 0,25 м и массой 0,015 кг, висящему горизонтально на двух легких проводящих нитях, течет ток 0,2 А. Чему равен угол отклонения нитей от вертикали, если стержень находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл, направленной вертикально вниз?

3. Какой должна быть сила тока в проводнике длиной 0,5 м, расположенном перпендикулярно силовым линиям горизонтального магнитного поля с индукцией 16 мТл, чтобы он находился в равновесии? Масса проводника равна 8×10^{-3}кг.

4. Прямолинейный однородный проводник, подвешенный на двух гибких проволочках одинаковой длины, может вращаться вокруг горизонтальной оси. Проводник находится в однородном вертикальном магнитном поле. Если по проводнику течет ток 1 А, проволочки отклоняются от вертикали на угол 30°. При какой силе тока они будут отклонятся на угол 60°? Массой проволочек можно пренебречь.

5. Чему равен максимальный вращающий момент сил, действующих на прямоугольную обмотку электродвигателя, содержащую 100 витков провода, размером 4 × 6 см, по которой проходит ток 10 А, в магнитном поле с индукцией 1,2 Тл?

6. На двух невесомых нитях висит горизонтально расположенный стержень длиной 2 м и массой $\sqrt{3}$ кг. Стержень находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл, направленной вертикально вверх. На сколько градусов отклонятся нити от вертикали при пропускании по стержню тока в 5 А?

7. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них перпендикулярно рельсам лежит стержень. Какой должна быть минимальная индукция магнитного поля, чтобы проводник двигался равномерно, если по нему пропускать электрический ток? Коэффициент трения стержня о рельсы равен 0,2. Масса стержня — 0,5 кг, сила тока — 50 А.

8. В однородном магнитном поле индукцией 20 мТл расположен проводник длиной 50 см и сопротивлением 5,2 Ом. Чему равно приложенное к проводнику напряжение, если со стороны магнитного поля на него действует сила, равная 0,04 Н? Вектор магнитной индукции составляет с проводником угол 60°.

9. Проводник длиной 30 см, по которому проходит ток силой 20 А, расположен под углом 30° к однородному магнитному полю с индукцией 0,4 Тл. Какая работа была совершена при перемещении проводника на расстояние 25 см перпендикулярно магнитному полю?

10. На двух легких нитях подвешен горизонтально проводник длиной 10 см, перпендикулярный однородному магнитному полю индукцией 20 мТл. Как изменится модуль силы натяжения каждой из нитей, если по проводнику пропустить ток силой 5 А?

Задания уровня «С»

1. Между полюсами магнита на двух тонких нитях подвешен горизонтально линейный проводник массой 100 г, длиной 20 см, по которому протекает ток силой 20 А. На какой угол от вертикали отклонятся нити, поддерживающие проводник, если индукция магнитного поля равна 0,25 Тл?

2. Проводник массой 102 г и длиной 20 см подвешен горизонтально на двух динамометрах. Как изменятся показания каждого динамометра при протекании по проводнику тока силой 5 А, если он был помещен в горизонтальное однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл, перпендикулярное к проводнику?

3. Прямолинейный проводник длиной 3 м, по которому протекает ток 5 А, поднимается вертикально вверх с ускорением в однородном магнитном поле с индукцией 3 Тл перпендикулярно линиям индукции. Масса проводника равна 3 кг. Определите величину ускорения, с которым движется проводник.

4. Проводящий стержень лежит на горизонтальной поверхности перпендикулярно к однородному горизонтальному магнитному полю с индукцией 0,2 Тл. Какую силу в горизонтальном направлении нужно приложить перпендикулярно проводнику для его равномерного поступательного движения? Сила тока в проводнике равна 10 А, масса проводника равна 100 г, его длина 25 см, коэффициент трения равен 0,1.

5. На горизонтальных рельса, находящихся на расстоянии 0,3 м друг от друга, лежит стержень, перпендикулярный к рельсам. Какой должна быть масса стержня, для того чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток 50 А? Индукция магнитного поля, перпендикулярного стержню равна 0,067 Тл. Коэффициент трения стержня о рельсы равен 0,2.

6. Медный стержень длиной 30 см и массой 60 г подвешен горизонтально на двух одинаковых нитях, разрывающихся при силе натяжения 0,3 Н. Правая половина стержня находится в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл, направленного под углом 60° к оси стержня. Определите направление и силу тока, который необходимо пропустить через стержень, чтобы одна из нитей оборвалась.

7. Металлический стержень массой 1 г и длиной 20 см подвешен горизонтально на двух невесомых нерастяжимых проводящих нитях длиной 10 см в однородном магнитном поле, направленном по вертикали. По проводнику пропущен импульс тока продолжительностью 10 мс и силой тока 1 А. В результате стержень был отброшен в сторону так, что максимальный угол отклонения нитей подвеса от вертикали составил 60°. Найдите модуль вектора индукции магнитного поля.

8. Медный проводник сечением 2 мм^2 согнут в виде трех сторон квадрата и подвешен за концы к горизонтальной оси в вертикальном магнитном поле. Когда по проводнику пропускают ток 10 А, он отклоняется от вертикальной оси на угол 45°.

Определите величину и направление вектора магнитной индукции. Плотность меди равна 8 900 кг/м^3.

9. Жесткое тонкое кольцо лежит на горизонтальной непроводящей поверхности и находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны. Масса кольца 2 г, радиус — 4 см, индукция — 0,5 Тл. Какой ток нужно пропустить по кольцу, чтобы оно начало подниматься?

10. Проводящая перемычка массой 20 г может скользить без трения по двум параллельным горизонтальным проводам, расположенным на расстоянии 0,5 м друг от друга в вертикальном магнитном поле индукцией 80 мТл. К концам проводов подключают конденсатор емкостью 5 мФ, заряженной до напряжения 10 В. Определите установившиеся скорость движения и напряжение в цепи.

РЗ–11.2. Магнитное поле (сила Лоренца)

Задания уровня «А»

1. Пылинка, имеющая заряд 1 мкКл влетает со скоростью 10 м/с в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно силовым линиям. Найдите в микроньютонах силу, действующую на пылинку со стороны поля.

2. На заряд 1 мкКл, движущийся со скоростью 1000 км/с, в магнитном поле действует сила 0,1 Н. Заряд движется под углом 30° к направлению индукции магнитного поля. Чему равна индукция этого поля?

3. На частицу с зарядом в 1 мкКл, влетающую в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно силовым линиям, действует со стороны поля сила в 1 мкН. Определите величину скорости частицы.

4. На заряженную частицу, влетающую в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл со скоростью 10 м/с перпендикулярно силовым линиям, действует со стороны поля сила в 5 мкН. Определить в микрокулонах заряд частицы.

5. Нейтрон влетает в однородное магнитное поле индукцией 50 мТл со скоростью 1000 км/с. Векторы скорости нейтрона и магнитной индукции взаимно перпендикулярны. Определите величину силы Лоренца, действующей на нейтрон.

6. Протон влетает в однородное магнитное поле индукцией 2 Тл перпендикулярно силовым линиям и движется по окружности радиусом 10 см. Определите импульс протона. Масса протона равна $1{,}67 \times 10^{-27}$ кг, заряд протона равен $1{,}6 \times 10^{-19}$ Кл.

7. Протон влетает в однородное магнитное поле индукцией 4 мТл со скоростью 5×10^{5} м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции. Какую работу совершает поле над протоном за один полный оборот по окружности? Масса протона равна $1{,}67 \times 10^{-27}$ кг, заряд протона равен $1{,}6 \times 10^{-19}$ Кл.

8. Две частицы влетают под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля. Определите отношение силы Лоренца, действующей на первую частицу, к силе Лоренца, действующей на вторую, если заряд и масса первой частицы в 2 раза больше, чем у второй, а скорости одинаковы.

9. Пылинка с зарядом 10 мкКл и массой 1 мг влетает в однородное магнитное поле и движется по окружности. Определите радиус окружности, если величина скорости пылинки равна 5 м/с, а индукция поля равна 1 Тл.

10. Частица массой 10^{-13} кг и зарядом 10^{-10} Кл движется по окружности радиусом 30 см в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Определить скорость частицы.

Задания уровня «В»

1. В однородное магнитное поле индукцией $3{,}4 \times 10^{-2}$ Тл, перпендикулярно линиям индукции влетает протон и начинает двигаться по криволинейной траектории радиусом 10 см. Какова скорость, с которой протон влетает в магнитное поле? Масса протона равна $1{,}67 \times 10^{-19}$ Кл.

2. Определите радиус окружности, по которой движется электрон в однородном магнитном поле с индукцией 0,02 Тл, если его импульс равен $6{,}4 \times 10^{-24}$ кг × м/с

3. Протон, обладающий импульсом $3{,}2 \times 10^{-20}$ Н × с, влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям и движется по окружности радиусом 10 см. Найдите величину магнитной индукции.

4. Найдите кинетическую энергию пылинки массой 10^{-16} кг и зарядом 10^{-8} Кл, движущейся по окружности радиуса 1 м в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл.

5. Две заряженные частицы влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Во сколько раз сила, действующая со стороны поля на первую частицу, больше, чем на вторую, если заряд второй частицы в 4 раза меньше, а скорость в 2 раза больше, чем у первой?

6. Пылинка массой 10^{-13} кг и зарядом 10^{-10} Кл влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл перпендикулярно силовым линиям. Определите ускорение пылинки, если ее скорость равна 10 м/с.

7. В однородное магнитное поле индукцией 8×10^{-3} Тл влетел электрон так, как показано на рис 1. Через какое минимальное время электрон вновь окажется в точке A?

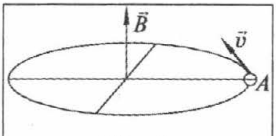


Рис. 1

8. Пылинка с зарядом 10 мкКл и массой 1 мг влетает в однородное магнитное поле и движется по окружности. Сколько оборотов сделает пылинка за 3,14 с, если индукция поля равна 1 Тл?

9. Два иона, имеющие одинаковый заряд и одинаковую кинетическую энергию, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион, движется по окружности радиусом 3 см, а второй — 1,5 см. Вычислите отношение массы первого иона к массе второго.

10. Во сколько раз заряд частицы, движущейся со скоростью 1000 км/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл по окружности радиуса 0,04 м, больше заряда электрона? Энергия частицы равна $19{,}2 \times 10^{-19}$ Дж.

Задания уровня «С»

1. Протон влетел в область пространства шириной 10 см, где создано однородное магнитное поле с индукцией 50 мТл, силовые линии которого перпендикулярны первоначальному вектору скорости протона. Найдите скорость протона, если он вылетел из магнитного поля под углом 30° к первоначальному направлению. Отношение заряда протона к его массе принять равным 10^8 Кл/кг.

2. Если конденсатор с расстоянием между пластинами 1 см определенным образом расположить в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл, то ионы, летящие со скоростью 100 км/с, не испытывают отклонения. Найдите напряжение на обкладках конденсатора. Вектор скорости перпендикулярен вектору магнитной индукции.

3. Электрон влетает в область пространства с однородным электрическим полем с напряженностью 6×10^4 В/м перпендикулярно линиям напряженности. Определите значение и направление магнитного поля, которое нужно создать в этой области для того, чтобы электрон пролетел ее, не испытывая отклонений. Энергия электрона равна $1{,}6 \times 10^{-19}$ Дж.

4. Частица массой $6{,}65 \times 10^{-27}$ кг и зарядом $3{,}2 \times 10^{-19}$ Кл сначала ускоряется в электростатическом поле, проходя ускоряющую разность потенциалов 2500 В. Начальная скорость частицы равна нулю. Затем частица влетает в однородное магнитное поле с индукцией 2×10^{-5} Тл, перпендикулярное вектору скорости. Найдите изменение импульса частицы за время $t = (\pi/2) \times 1{,}039 \times 10^{-3}$ с после влета в магнитное поле. Определите модуль центростремительного ускорения частицы.

5. Протон, ускоренный разностью потенциалов 20 кВ, влетает в однородное магнитное поле и движется по окружности радиусом 0,2 м. Определите величину магнитной индукции, считая массу протона равной $1{,}6 \times 10^{27}$ кг.

6. Частица массой 1 г, ускоренная разностью потенциалов 2 В влетает в однородное магнитное поле с индукцией 10 Тл перпендикулярно полю и движется по окружности с радиусом 1 м. Определите заряд частицы в микрокулонах.

7. Найдите отношение радиуса траектории электрона с кинетической энергией 4 эВ к радиусу траектории электрона с кинетической энергией 1 эВ, если однородное магнитное поле перпендикулярно их скорости.

8. С какой скоростью вылетает α-частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле индукцией 2 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиусом 1 м.

9. В кинескопе телевизора разность потенциалов между катодом и анодом равна 64 кВ. Отклонение электронного луча при горизонтальной развертке осуществляется магнитным полем, создаваемым двумя катушками. Ширина области, в которой электроны пролетают через магнитное поле, равна 5 см. Какова индукция отклоняющего магнитного поля при значении угла отклонения электронного луча 30°

10. Найдите отношение радиусов траектории двух электронов в однородном магнитном поле, перпендикулярном их скорости, если первый прошел предварительно ускоряющую разность потенциалов — 4 В, а второй — 1 В.

РЗ–11.3. Электромагнитная индукция

Задания уровня «А»

1. Силовые линии однородного магнитного поля пересекают площадку в 0,02 м^2 под прямым углом. Определите величину индукции магнитного поля, если поток магнитной индукции, пронизывающий площадку, равен 0,04 Вб.

2. Под каким углом к плоскости квадрата должно быть направлено однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл, чтобы магнитный поток был максимальным?

3. Чему равен магнитный поток через квадрат со стороной 1 см, если его плоскость параллельна силовым линиям магнитного поля. Индукция поля равна 10 Тл.

4. В катушке, состоящей из 75 витков, магнитный поток равен 4,8 мВб. За какое время должен исчезнуть этот поток, чтобы в катушке возникла средняя ЭДС индукции, равная 0,74 В?

5. Найдите магнитный поток через квадрат со стороной 50 см, плоскость которого расположена под углом 60° к направлению магнитного поля с индукцией 4 Тл.

6. Во сколько раз возрастет магнитный поток через круговой виток при увеличении индукции однородного магнитного поля в 7,5 раз?

7. Определите энергию магнитного поля катушки, если ее индуктивность равна 0,3 Гн, а сила тока в ней 11 А.

8. Рамка, содержащая 25 витков, находится в магнитном поле. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке при изменении магнитного потока в ней от 0,098 до 0,013 Вб за 0,16 с.

9. Индуктивность катушки равна 10 мГн. При какой силе тока энергия магнитного поля равна 0,1 мДж?

10. Найдите индуктивность катушки, если при уменьшении силы тока в ней с 14 до 8А энергия магнитного поля уменьшилась на 33 Дж.

Задания уровня «B»

1. В магнитном поле с индукцией 25 Тл перпендикулярно линиям индукции движется со скоростью 0,7 м/с проводник длиной 0,1 м. Найдите модуль ЭДС индукции в проводнике.

2. При помощи реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке со скоростью 300 А/с. Индуктивность катушки равна 0,15 Гн. Определите модуль ЭДС индукции.

3. Металлическое кольцо радиусом 4,8 см расположено в магнитном поле с индукцией 0,012 Тл перпендикулярно к линиям магнитной индукции. На его удаление из поля затрачивается 0,025 с. Какая ЭДС при этом возникает?

4. Круговой проволочный виток площадью 100 см^2 находится в однородном магнитном поле, индукция которого меняется на 10 Тл за 1 с. Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Чему будет равен модуль ЭДС, возникающей в витке?

5. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами 18 и 5 см расположена в однородном магнитном поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Определите индукцию этого поля, если при его исчезновении за 0,015 с в рамке наводится средняя ЭДС 4,5 мВ.

6. Определите индукцию магнитного поля катушки, если ее индуктивность 0,4 Гн, а сила тока в ней 5 А. Число витков $N = 1000$, а площадь равна 4 см^2.

7. Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости контура (рис. 2).

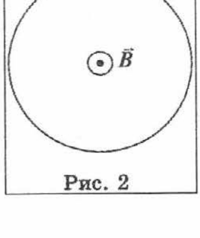


Рис. 2

На сколько процентов изменится мощность тока в контуре после того, как поле начнет увеличиваться со скоростью 0,01 Тл/с? Площадь контура 0,1 м^2, ЭДС источника тока 10 мВ.

8. Сколько витков должна иметь катушка, чтобы при изменении магнитного потока внутри нее от 0,024 до 0,056 Вб за 0,32 с в ней создавалась средняя ЭДС индукции, равная 10 В?

9. Определите индуктивность катушки, если при уменьшении силы тока на 2,8 А за 62 мс в катушке появляется средняя ЭДС самоиндукции, равная 14 В.

10. Какая ЭДС самоиндукции возникает в катушке с индуктивностью 68 мГн, если ток силой 3,8 А в ней уменьшится до нуля за 0,012 с?

Задания уровня «С»

1. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл расположен проволочный виток площадью 1000 см^2 сопротивлением 2 Ом. Плоскость витка перпендикулярна к линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. Заряд, протекший через гальванометр при повороте витка, равен 7,5 мКл. На какой угол в градусах повернули виток?

2. Прямолинейный проводник длиной 86 см движется со скоростью 14 м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,025 Тл. Определите угол между индукцией поля и скоростью проводника, если в проводнике создается ЭДС, равная 0,12 В.

3. Прямолинейный проводник движется со скоростью 25 м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,0038 Тл перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Чему равна длина проводника, если на его концах имеется разность потенциалов 28 мВ?

4. Жесткое тонкое проводящее кольцо лежит на горизонтальной непроводящей поверхности и находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны. Масса кольца 2 г, радиус равен 4 см, индукция 0,5 Тл. Какой ток нужно пропустить по кольцу, чтобы оно начало подниматься?

5. Индуктивность катушки изменяется по закону $L = (0,8 + 0,02t)$ Гн, где t – время (с). Найдите модуль ЭДС самоиндукции, возникающей при протекании по катушке постоянного тока 50 А.

6. Проводник длиной 1 м скользит с постоянной скоростью 10 м/с по горизонтальным рельсам, расположенным в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл. Концы рельсов замкнуты на резистор сопротивлением 2 Ом. Какое количество теплоты выделяется на резисторе за 10 с? Сопротивлением рельсов и проводника пренебречь.

7. Проволочная рамка, содержащая 40 витков, охватывает площадь 240 см^2. Вокруг нее создается однородное магнитное поле, перпендикулярное к ее плоскости. При повороте рамки на ¼ оборота за 0,15 с в ней наводится средняя ЭДС индукции, равная 160 мВ. Определите индукцию магнитного поля.

8. При изменении силы тока от 2,5 до 14,5 А в соленоиде без сердечника, содержащем 800 витков, его магнитный поток увеличивается на 2,4 мВб. Чему равна средняя ЭДС самоиндукции, возникающая при этом в соленоиде, если изменение силы тока происходит за 0,15 с? Определите энергию магнитного поля в соленоиде при силе тока 5 А.

9. Соленоид состоящий из 20000 витков и замкнутый накоротко, помещен в магнитное поле, направленное вдоль оси соленоида и изменяющееся со скоростью 0,1 Тл/с. Какое количество теплоты выделяется ежесекундно в соленоиде, если его сечение равно 50 см^2, а сопротивление 50 Ом?

10. По двум вертикальным рельсам, расстояние между которыми равно 50 см, а верхние концы замкнуты сопротивлением 4 Ом, начинает скользить вниз без трения проводник массой 50 г. Вся система находится в однородном магнитном поле индукцией 0,4 Тл, силовые линии которого перпендикулярны плоскости, проходящей через рельсы. Найдите скорость установившегося движения проводника.

РЗ–11.4. Механические колебания и волны

Задания уровня «А»

1. Маятник за 1 мин совершает 300 полных колебаний. Определите период полного колебания маятника.

2. Груз на пружине за 6 с совершил 18 полных колебаний. Найдите частоту колебаний груза.

3. Чему равен период колебаний математического маятника, длина нити которого равна 0,634 м?

4. За 1 с комар совершает 600 взмахов крыльями, а период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Какое из насекомых и на сколько сделает при полете большее количество взмахов за 1 мин?

5. Период маятника, с которым демонстрировался опыт Фуко в здании Исаакиевского собора в Ленинграде, был равен 20 с. Найдите длину маятника.

6. Период колебаний математического маятника длиной 1 м равен 2 с. Определить величину ускорения свободного падения для данной планеты.

7. Математический маятник совершает гармонические колебания. Во сколько раз возрастет период его колебаний, если длину маятника увеличить в 4 раза?

8. Математический маятник длиной 50 см и груз на пружине жесткостью 200 Н/м совершают синхронные гармонические колебания. Найдите массу груза.

9. Груз, подвешенный на шнуре, совершает гармонические колебания. Во сколько раз уменьшится период колебаний груза, если шнур укоротить в четыре раза?

10. Определите длину математического маятника, если явление резонанса наблюдается при частоте внешнего воздействия 1 Гц.

11. Один из маятников совершил 10 колебаний. Другой за это же время совершил 5 колебаний. Во сколько раз длина второго маятника больше первого? Маятники считать математическими.

12. На волнах, распространяющихся со скоростью 2 м/с, качается лодка. Ближайшие гребни волн находятся на расстоянии 10 м. С какой частотой колеблется лодка на волнах?

13. По железнодорожному рельсу ударяют молотком. На расстоянии 1 750 м от наблюдателя, приложив ухо к рельсу, наблюдатель услышал звук на 5 с раньше, чем он дошел до него по воздуху. Скорость звука в стали равна 5 775 м/с. Чему равна скорость звука в воздухе?

14. Волна от парохода, проходящего по озеру, дошла до берега через 2 мин. Расстояние между двумя соседними гребнями равно 2 м. На каком расстоянии от берега проходил пароход, если время между двумя последовательными ударами волн о берег равно 3 с?

15. По морю движется катер со скоростью 54 км/ч. Расстояние между гребнями волн равно 10 м, частота колебаний частиц воды в волне 0,5 Гц. Определите минимальное время между ударами волн о корпус катера, если он движется навстречу волнам.

Задания уровня «В»

1. Один математический маятник имеет период 3 с, а другой — 4 с. Каков период колебаний математического маятника, длина которого равна сумме длин указанных маятников?

2. Во сколько раз период колебаний математического маятника на некоторой планете больше, чем на Земле, если радиус планеты вдвое меньше радиуса Земли, а плотности одинаковы?

3. При измерении глубины моря под кораблем при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приема ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Какова глубина моря под кораблем? Скорость звука в воде 1400 м/с.

4. Один математический маятник имеет период колебаний 5 с, а другой — 3 с. Определите период колебаний маятника, длина которого равна разности длин указанных маятников.

5. Во сколько раз уменьшится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если от последовательного соединения пружин перейти к параллельному их соединению?

6. Определить период колебаний математического маятника длиной 0,2 м, находящегося в ракете, взлетающей с поверхности Земли вертикально с ускорением 10 м/с^2.

7. Во сколько раз возрастет период колебаний математического маятника, помещенного в вертикальное однородное электрическое поле с напряженностью, направленной вверх и равной 10 МВ/м? Заряд шарика 0,1 мкКл, масса шарика 0,2 кг.

8. Горизонтальная подставка совершает колебания в вертикальном направлении с частотой 2,5 Гц. При какой максимальной амплитуде колебаний груз, лежащий на подставке, не будет отрываться от нее?

9. Подставка совершает в горизонтальном направлении гармонические колебания с периодом 5 с. Находящееся на подставке тело начинает по ней скользить, когда амплитуда колебаний подставки

достигает 0,5 м. Определите коэффициент трения между телом и подставкой.

10. При какой скорости поезда маятник длиной 10 см, подвешенный в вагоне, особенно сильно раскачивается в результате ударов о стыки рельс, если длина рельсов 12,56 м?

11. Период гармонических колебаний равен 1 с. Через какое наименьшее время его кинетическая энергия уменьшается в 2 раза по сравнению со своим наибольшим значением?

12. Тело совершает гармонические колебания. Во сколько раз его кинетическая энергия больше потенциальной для момента времени, когда смещение тела из положения равновесия составляет половину амплитуды?

13. Цилиндр массой 0,1 кг с площадью основания 10 см^2 плавает в вертикальном положении в жидкости с плотностью 1000 кг/м^3. Его погрузили и отпустили. Определите циклическую частоту колебаний цилиндра.

14. Скорость звука в воде равна 1450 м/с. На каком минимальном расстоянии находятся точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний равна 725 Гц?

15. На вертикально закрепленной пружине, колеблется груз с периодом 0,2 с. Какова величина растяжения пружины после того, как груз прекратит колебания?

Задания уровня «С»

1. Математический маятник совершает малые колебания с периодом 2 с. На расстоянии, равном ¾ длины нити под точкой подвеса, в стенку вбит гвоздь. Найдите, насколько уменьшится период малых колебаний.

2. Шарик массой 200 г на нити длиной 0,9 м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени 0,01 с действует сила 0,1 Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол 60°?

3. Камертон, настроенный на ноту «ля» первой октавы имеет частоту 440 Гц. Сколько длин волн уложится на расстоянии, которое звук, изданный камертоном, пройдет за 2 с? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

4. Грузик на пружине колеблется вдоль прямой с амплитудой 2 см и периодом 2 с. В начальный момент времени грузик проходил положение равновесия. Определите скорость и ускорение грузика через 0,25 с. Трения нет.

5. Груз лежит на платформе, совершающей горизонтальные колебания с частотой 2 Гц и амплитудой 1 см. Будет ли груз скользить по платформе, если коэффициент трения груза о платформу равен 0,2?

6. Чашка пружинных весов массой 200 г совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой 10 см. Когда чашка находились в крайнем нижнем положении, на нее положили груз массой 100 г. В результате колебания прекратились. Определите первоначальный период колебаний чашки.

7. К горизонтальной пружине прикреплено тело массой 10 кг, лежащее на абсолютно гладком столе. В это тело попадает и застревает в нем пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, направленной вдоль оси пружины. Амплитуда возникших при этом колебаний 0,1 м. Найдите период колебаний.

8. На какую часть надо уменьшить длину математического маятника, чтобы период колебаний маятника на высоте 10 км был равен периоду его колебаний на поверхности Земли? Радиус Земли равен 6400 км.

9. При какой скорости поезда маятник длиной 20 см, подвешенный в вагоне, особенно сильно раскачивается, если расстояние между стыками рельсов равно 20 м?

10. Шарик, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания вдоль вертикальной оси с частотой 10 рад/с. Найдите амплитуду колебаний, если известно, что в тот момент, когда смещение шарика было 6 см, скорость его была равна 0,8 м/с.

11. Шарик массой 32 г подвешен на непроводящей нити и совершает гармонические колебания с периодом 2 с. После сообщения ему заряда и помещения в вертикальное однородное электрическое поле период его колебаний составил 1,6 с. Найдите заряд шарика, если напряженность поля равна 60 В/м.

12. Период гармонических колебаний тела на пружине равен 1 с. Через какое наименьшее время его кинетическая энергия уменьшится в 2 раза по сравнению со своим наибольшим значением?

Колебания происходят в горизонтальном направлении, трение не учитывать.

13. Два одинаковых камертона колеблются синфазно. В точке, удаленной от первого камертона на 1,5 м, а от второго — на 1,75 м, звук не слышен. При какой минимальной частоте колебаний камертонов это возможно, если скорость распространения звука в воздухе 350 м/с?

14. На горизонтальной поверхности лежат два груза массой 100 г и 200 г, соединенные невесомой пружиной с жесткостью 1000 Н/м. Трение отсутствует. Какой период колебаний такой системы?

15. Тело совершало гармонические колебания с периодом 0,1 с и амплитудой 2 см. Затем амплитуда колебаний увеличилась в 2 раза, а период остался прежним. Рассчитайте отношение первоначальной полной энергии колебаний к конечной энергии.

РЗ–11.5. Электромагнитные колебания и волны

Задания уровня «А»

1. Определите период колебаний в колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью 2×10^{-4} Гн и конденсатора с емкостью 8 мкФ.

2. Какова электроемкость колебательного контура, индуктивность которого равна 200 Гн, а период колебаний 0,04 с?

3. Период колебаний в электромагнитном контуре возрастает в 2 раза за счет увеличения емкости конденсатора. Во сколько раз увеличили емкость конденсатора?

4. Чему равен период колебаний тока в антенне станции, испускающей электромагнитные волны длиной 300 м?

5. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью равной 0,76 Гн и конденсатора. Какой емкости конденсатор нужно включить в колебательный контур, чтобы получить в нем электромагнитные колебания звуковой частоты 400 Гц?

6. Определите период колебаний в колебательном контуре, излучающем электромагнитные волны длиной 450 м.

7. Как изменится период свободных колебаний в колебательном контуре, если конденсатор в нем заменить батареей из двух последовательно соединенных таких же конденсаторов?

8. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,01 мкФ и катушки с индуктивностью 1/90 мГн. На какую длину волны настроен контур? Сопротивлением контура пренебречь.

9. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 110 В, сила тока в ней 0,1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 220 В, сила тока в ней 0,04 А. Чему равен КПД трансформатора?

10. Катушка индуктивностью 0,2 Гн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Чему равно индуктивное сопротивление катушки?

Задания уровня «В»

1. Контур радиоприемника настроен на радиостанцию, частота которой 9 МГц. Как нужно изменить емкость переменного конденсатора колебательного контура приемника, чтобы он был настроен на длину волны 50 м?

2. Индуктивность колебательного контура равна 0,01 Гн, а емкость 1 мкФ. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 200 В. Какой наибольший ток возникает в контуре в процессе электромагнитных колебаний?

3. В цепь переменного тока с частотой 50 Гц включено активное сопротивление 5 Ом. Амперметр показывает силу тока 10 А. Определите мгновенное значение напряжения через 1/300 с, если колебания тока происходят по закону косинуса.

4. Конденсатор емкостью 800 мкФ включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц с помощью проводов, сопротивление которых 3 Ом. Какова сила тока в конденсаторе, если напряжение в сети 120 В?

5. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1 мГн и двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью 500 пФ и 200 пФ. На какую длину волны настроен этот колебательный контур?

6. Чему равно расстояние до самолета, если посланный наземным радиолокатором сигнал после отражения от самолета возвратился к радиолокатору спустя 0,2 мс?

7. В колебательном контуре, состоящем из конденсатора, катушки индуктивностью 0,01 Гн и ключа, после замыкания

ключа возникают электромагнитные колебания, причем максимальная сила тока в катушке составляет 4 А. Чему равно максимальное значение энергии электрического поля в конденсаторе в ходе колебаний?

8. В колебательном контуре индуктивность катушки равна 0,2 Гн, а амплитуда колебаний силы тока 40 мА. Найдите энергию электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки в момент, когда мгновенное значение силы тока в 2 раза меньше амплитудного значения.

9. Радиосигнал, посланный на Венеру, был принят на Земле через 2,5 мин после его посылки. Определите расстояние от Земли до Венеры в момент локации.

10. Амплитуда напряжения в колебательном контуре 100 В, частота колебаний 5 МГц. Через какое время напряжение будет 71 В?

Задания уровня «С»

1. Конденсатор емкостью 50 пФ сначала подключили к источнику тока с ЭДС равным 3 В, а затем к катушке с индуктивностью 5,1 мкГн. Найдите частоту колебаний, возникших в контуре, максимальное значение силы тока в контуре.

2. Заряженный конденсатор замкнули на катушку индуктивности. Через какую часть периода после подключения энергия в конденсаторе будет равна энергии в катушке индуктивности?

3. Какова должна быть емкость конденсатора, чтобы с катушкой индуктивностью 25 мкГн обеспечить настройку в резонанс на длину волны 100 м?

4. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за 0,6 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину волны излучает генератор, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 14,1 нФ?

5. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности равна 10 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора равна 5 нКл. В момент времени t заряд конденсатора равен 3 нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

6. В колебательном контуре конденсатору сообщили заряд 1 мКл, после чего в контуре возникли затухающие

электромагнитные колебания. Какое количество теплоты выделится к моменту, когда максимальное напряжение на конденсаторе станет меньше начального максимального значения в 4 раза? Емкость конденсатора равна 10 мкФ.

7. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за время 0,6 с в ней возбуждается ЭДС, равная 0,2 В. Какую длину волны будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 14100 пФ?

8. Колебательный контур состоит из плоского конденсатора с площадью пластин $S = 100$ см^2 и катушки с индуктивностью $L =$ 1 мГн. Длина волны колебаний, происходящих в контуре, равна 10 м. Определите расстояние между пластинами конденсатора.

9. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за время 0,5 с в ней индуцируется средняя ЭДС, равная по модулю 0,2 мВ. Какую длину будет иметь излучаемая радиоволна, если контур состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 10 нФ?

10. В колебательном контуре параллельно конденсатору присоединили другой конденсатор, емкость которого в 3 раза больше. В результате частота электромагнитных колебаний изменилась на 300 Гц. Найдите первоначальную частоту колебаний.

РЗ–11.6. Световые волны (отражение и преломление света)

Задания уровня «А»

1. Световой луч падает под углом 60° на пластинку с показателем преломления, равным $\sqrt{3}$. Определите в градусах угол преломления. Пластина находится в воздухе.

2. Луч света переходит из воздуха в стекло. Найдите показатель преломления стекла, зная, что угол падения равен 45°, а угол преломления 30°.

3. Световой луч падает под углом 60° на границу раздела воздух-стекло, причем угол между отраженным и преломленным лучами равен 90°. Чему равен показатель преломления стекла?

4. Угол падения светового луча на границу раздела двух сред равен 60°. Преломленный луч составляет с нормалью угол 40°.

Определите в градусах угол между отраженным и преломленным лучами.

5. Предельный угол полного отражения для некоторого вещества оказался равным 30°. Найдите показатель преломления этого вещества.

6. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло-воздух равен 0,625. Определите показатель преломления стекла.

7. Определите высоту столба, если длина его тени на горизонтальной поверхности Земли равна 3 м. Угол падения солнечных лучей $\alpha = 30°$.

8. Какова длина тени от предмета, если угловая высота Солнца над горизонтом равна 60°, а высота предмета составляет 2 м?

9. Водолазу, находящемуся под водой, кажется, что солнечные лучи падают под углом 60° к поверхности воды. Определите угловую высоту солнца над горизонтом. Показатель преломления воды равен 1,33.

10. Предельный угол полного отражения на границе раздела вода–воздух $\alpha_1 = 49°$, а на границе раздела стекло–воздух — $\alpha_2 = 42°$. Определите предельный угол полного отражения на границе раздела стекло–вода.

Задания уровня «В»

1. Найдите в градусах угол падения луча света на границу воздух-стекло, если преломленный луч перпендикулярен отраженному лучу. Показатели преломления воздуха и стекла равны соответственно 1 и 1,73.

2. Луч света проходит из среды с показателем преломления 1,5 в среду с показателем преломления 1,2, испытывая полное внутреннее отражение. Найдите значение синуса предельного угла.

3. При переходе из первой среды во вторую угол преломления равен 45°, а из первой в третью — 30° (при том же угле падения). Найдите в градусах предельный угол полного внутреннего отражения луча, идущего из третьей среды во вторую.

4. Световой луч падает под углом 60° на пластинку с показателем преломления 1,73. Определите в градусах угол между отраженным и преломленным лучами. Пластинка находится в воздухе.

5. Если луч света падает на прямоугольную призму под углом $\alpha = 70°$, то ход луча оказывается симметричным. Каков показатель преломления материала призмы?

6. В дно водоема вбита свая длиной 3 м так, что ее верхний конец находится над водой. Найдите длину тени от сваи на дне водоема, если угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30°. Показатель преломления воды равен 4/3.

7. На дне водоема глубиной 1,8 м находится точечный источник света. На поверхности воды плавает круглый непрозрачный диск так, что его центр расположен над источником. При каком минимальном радиусе диска лучи от источника не будут выходить из воды? Квадрат показателя преломления воды считать равным 1,81.

8. На грань стеклянной призмы с преломляющим углом 60° падает луч света под углом 45°. Найдите угол преломления луча при выходе его из призмы и угол отклонения луча от первоначального направления, если показатель преломления стекла призмы $n = 1,5$.

9. На горизонтальном дне водоема глубиной 1,2 м лежит плоское зеркало. На каком расстоянии от места вхождения луча в воду этот луч снова выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Угол падения луча $\alpha = 30°$.

10. Луч света падает на систему из двух взаимно перпендикулярных зеркал. Угол падения луча на первое зеркало равен 20°. Отразившись от первого зеркала, луч света падает на второе. Найдите в градусах угол отражения луча от второго зеркала.

Задания уровня «С»

1. Луч света падает на стеклянную плоскопараллельную пластинку с показателем преломления 1,55 под углом $\alpha = 60°$. Определите толщину пластинки, если на выходе из нее луч сместился на 1,5 см.

2. Стеклянный куб лежит на монете. При каком минимальном значении показателя преломления стекла монета не видна через боковые грани?

3. На грань стеклянной призмы перпендикулярно ее поверхности падает луч света. Определить угол отклонения луча после

прохождения призмы, если ее преломляющий угол равен 30°. Показатель преломления стекла равен 1,73.

4. Угол падения луча на пластинку толщиной 3,46 см и показателем преломления, равным $\sqrt{3}$, равен углу полного внутреннего отражения для стекла, из которого изготовлена пластинка. Вычислить смещение луча при прохождении сквозь пластинку.

5. Световой луч падает под углом 30° на плоскопараллельную пластинку толщиной 10 см. Определите смещение луча пластинкой от первоначального направления, если пластинка погружена в сероуглерод. Показатель преломления сероуглерода и стекла равны соответственно 2,45 и 1,5.

6. Предмет находится на расстоянии 15 см от плоскопараллельной стеклянной пластинки. Наблюдатель рассматривает предмет через пластинку, причем луч света нормален к ней. Определите расстояние от изображения предмета до ближайшей к наблюдателю грани, если толщина пластинки равна 4,5 см, а показатель преломления стекла равен 1,5.

7. В кювете с жидкостью на глубине 3 см находится точечный источник света, который начинает смещаться вдоль вертикали со скоростью 10^{-3} м/с. На дне кюветы находится плоское зеркало. Слой жидкости в кювете 4 см, а на поверхности над источником света плавает черный диск радиусом 6 см. Через какое время источник света станет видим для внешнего наблюдателя? Показатель преломления жидкости $n = 1,41$.

8. В стеклянном блоке с показателем $n = 1,5$ имеется сферическая воздушная полость диаметром 1 см. На полость из воздуха направлен широкий параллельный пучок лучей света. Определите диаметр части пучка света, прошедшего в полость.

9. Наблюдатель рассматривает горошину через толстое стекло, нижняя грань которого расположена на расстоянии 5 см от горошины. Толщина стекла равна 3 см, коэффициент его преломления 1,5. Определите, на каком расстоянии от нижней грани стекла находится видимое изображение горошины.

10. Предмет покрыт стеклянной пластинкой толщиной 4,8 см с показателем преломления 1,6. Поверх пластинки налит слой воды толщиной 10 см с показателем преломления 4/3. На каком

расстоянии от поверхности воды находится изображение предмета при рассмотрении его по вертикали?

РЗ–11.7. Световые волны (линзы)

Задания уровня «А»

1. Фокусное расстояние собирающей линзы равно 50 см. Определить оптическую силу линзы.

2. Предмет находится на расстоянии 30 см от линзы, а изображение предмета получается на экране, находящемся на расстоянии 60 см от линзы. Найдите фокусное расстояние линзы.

3. При помощи линзы с оптической силой 10 дптр получают мнимое изображение рассматриваемой монеты на расстоянии 30 см. Определите расстояние от линзы, на котором находится монета.

4. Предмет и его действительное изображение находятся на расстоянии 40 см от плоскости линзы. Определить фокусное расстояние линзы.

5. Пучок света, распространяющийся параллельно главной оптической оси тонкой линзы, собирается после преломления на расстоянии 0,4 м от ее оптического центра. Найдите оптическую силу линзы.

6. Спичка расположена в фокальной плоскости рассеивающей линзы. Во сколько раз длина изображения меньше длины спички?

7. Точка находится на расстоянии 50 см от плоскости линзы, а ее мнимое изображение — на расстоянии вдвое меньшем. Найдите фокусное расстояние линзы.

8. Определите оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что предмет расположен перед ней на расстоянии 50 см, а мнимое изображение находится на расстоянии 20 см от нее.

9. Чему равно фокусное расстояние и оптическую силу линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного на расстоянии 40 см, находится по другую сторону линзы на таком же расстоянии от нее?

10. Предмет находится на расстоянии 0,5 м от рассеивающей линзы с оптической силой — 2 дптр. На каком расстоянии от линзы находится изображение?

Задания уровня «В»

1. Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно 0,13 м, если предмет отстоит от нее на 15 см.

2. Линза дает трехкратное увеличение предмета, находящегося в 10 см от ее плоскости. Определите в сантиметрах ее фокусное расстояние. Изображение мнимое.

3. Определите фокусное расстояние линзы, если расстояние между предметом и его изображением равно 80 см с увеличением $\Gamma = 4$.

4. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием, равным 30 см, дает уменьшенное в 1,5 раза мнимое изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет?

5. Расстояние между лампой и экраном равно 3,2 м. На каком расстоянии от лампы надо установить линзу, чтобы получить четкое изображение лампы, увеличенное в 3 раза? Каково фокусное расстояние линзы?

6. На каком расстоянии от собирающей линзы надо поместить предмет, чтобы расстояние между предметом и его действительным изображением было минимальным? Фокусное расстояние линзы равно 10 см.

7. Предмет расположен на расстоянии 60 см от линзы с оптической силой 3 дптр. Насколько изменится расстояние до изображения предмета, если последний приблизить к линзе на расстояние 15 см?

8. С помощью собирающей линзы на экране получено уменьшенное изображение. Размер предмета 6 см, размер изображения 4 см. Оставляя экран и предмет неподвижными, линзу перемещают в сторону предмета до получения второго изображения. Определите величину второго изображения в сантиметрах.

9. При фотографировании с расстояния 50 м высота дерева на снимке оказалась равной 6 мм. Определите высоту дерева, если фокусное расстояние объектива равно 3 см.

10. При фотографировании здания с расстояния 30 м его высота на негативе оказалась равной 5 мм. Определите действительную высоту здания, если фокусное расстояние объектива равно 5 см.

Задания уровня «С»

1. Две одинаковые тонкие собирающие линзы сложены вплотную так, что главные оптические оси их совпадают. Эта система линз дает увеличение в 4 раза действительного изображения предмета, помещенного на расстоянии 25 см перед системой линз. Найдите оптическую силу одной линзы.

2. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием F = 30 см и плоского зеркала, находящегося за линзой на расстоянии 15 см от нее. Найдите положение изображения в этой системе, если предмет находится перед линзой на расстоянии 15 см от нее.

3. Собирающая линза дает изображение некоторого предмета на экране. Высота изображения при этом равна 14,4 см. Оставляя неподвижным экран и предмет, начинают двигать линзу и находят, что при втором четком изображении предмета на экране высота изображения равна 10 см. Определите высоту предмета.

4. Пучок сходящихся лучей собирается в некоторой точке *A*. Если на их пути установить собирающую линзу, то при расстоянии от линзы до точки *A*, равном 60 см, лучи пересекаются на расстоянии 50 см от линзы. Определите фокусное расстояние линзы.

5. С помощью тонкой линзы получается увеличенное в 2 раза действительное изображение предмета. Если предмет приблизить к линзе на 1 см, то изображение будет увеличенным в 3 раза. Чему равно фокусное расстояние линзы?

6. На экране, находящемся на расстоянии 60 см от собирающей линзы, получено изображение точечного источника, расположенного на главной оптической оси линзы. На какое расстояние переместится изображение на экране, если при неподвижном источнике переместить линзу в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси, на 2 см? Фокусное расстояние линзы равно 20 см.

7. Расстояние от освещенного предмета до экрана равно 100 см. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение предмета на экране при двух положениях, расстояние между которыми равно 20 см. Найдите фокусное расстояние линзы.

8. Расстояние между двумя точечными источниками света равно 36 см. Где между ними надо поместить собирающую линзу

с фокусным расстоянием 10 см, чтобы изображения обоих источников получились в одной точке?

9. На экране с помощью тонкой линзы получили изображение предмета с увеличением, равным 2. Предмет передвинули на 1 см. Для того, чтобы получить резкое изображение пришлось передвинуть экран. При этом увеличение оказалось равным 4. На какое расстояние пришлось передвинуть экран?

10. Вдоль главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 12 см расположен предмет, один конец которого находится на расстоянии 17,9 см от линзы, а другой — на расстоянии 18,1 см. Определите увеличение изображение.

РЗ–11.8. Световые волны (интерференция и дифракция)

Задания уровня «А»

1. Какой наибольший порядок спектра можно видеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении ее светом с длиной волны 720 нм?

2. Разность хода лучей от двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна $1{,}5 \times 10^{-6}$ м. Будет ли наблюдаться усиление или ослабление света в этой точке?

3. Дифракционная решетка содержит 100 штрихов на 1 мм длины. Определите длину волны монохроматического света, падающего перпендикулярно на дифракционную решетку, если угол между двумя максимумами первого порядка равен 8°.

4. Две когерентные световые волны красного света (λ= 760 нм) достигают некоторой точки с разностью хода 2 мкм. Что произойдет в этой точке: усиление или ослабление волн?

5. Найдите оптическую разность хода плоских монохроматических волн, дающих при прохождении через дифракционную решетку с периодом 3 мкм максимум при угле дифракции 30°.

6. На дифракционную решетку с периодом 3 мкм падает монохроматический свет с длиной волны 650 нм. Чему равен наибольший порядок дифракционного максимума?

7. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на 1 мм длины. Под каким углом виден максимум второго порядка света с длиной волны 400 нм?

8. Сколько штрихов содержит дифракционная решетка длиной 1 см, если при нормальном падении на нее света с длиной волны 0,5 мкм максимум второго порядка наблюдается под углом 30°?

9. Тонкая мыльная пленка освещается светом с длиной волны 0,6 мкм. Чему равна разности хода двух отраженных волн для светлой и следующей за ней темной интерференционных полос.

10. Свет с длиной волны 0,6 мкм нормально падает на тонкую пленку, нанесенную на стеклянную поверхность. При какой минимальной разности хода вследствие интерференции отраженные от различных поверхностей пленки световые волны будут гасить друг друга?

Задания уровня «В»

1. Для определения периода дифракционной решетки на нее направили световые лучи с длиной волны 760 нм. Каков период решетки, если на экране, отстоящем от решетки на 1 м, расстояние между максимумами первого порядка равно 15,2 см?

2. Монохроматический свет с длиной волны 546 нм падает перпендикулярно к плоскости дифракционной решетки. Под каким углом будет наблюдаться первый максимум, который дает эта решетка, если ее период равен 1 мкм?

3. Свет из проекционного фонаря, проходя через маленькое отверстие, закрытое синим стеклом, попадает на экран с двумя маленькими отверстиями, находящимися на расстоянии 1 мм друг от друга, и падает на другой экран, отстоящий от первого на расстоянии 1,7 м. Расстояние между интерференционными полосами на экране оказалось равным 0,8 мм. Рассчитайте длину световой волны.

4. Монохроматический свет с длиной волны 500 нм падает перпендикулярно к плоскости дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на каждый миллиметр. Найдите наибольший порядок максимума, который дает эта решетка.

5. Два когерентных источника света посылают на экран свет длиной волны 550 нм, дающий на экране интерференционную

картину. Источники удалены один от другого на 2,2 мм, а от экрана на 2,2 м. Определите, что будет наблюдаться на экране в точке падения — гашение или усиление света?

6. Плосковыпуклая линза, радиус кривизны которой 12 м, положена выпуклой стороной на плоскопараллельную пластинку. На плоскую грань линзы нормально падает монохроматический свет и в отражённом свете образуются тёмные и светлые кольца. Определите длину волны монохроматического света, если радиус шестого тёмного кольца равен $7{,}2 \times 10^{-3}$ м.

7. Белый свет, падающий нормально на мыльную пленку (n = 1,33) и отраженный от нее, дает в видимом спектре интерференционный максимум на волне 630 нм и ближайший к нему минимум на волне 450 нм. Какова толщина пленки, если считать ее постоянной?

8. Во время проведения первого эксперимента по наблюдению дифракции света частоту плоской монохроматической волны увеличили в 2 раза, а во время проведения второго эксперименте период дифракционной решетки уменьшили в 2 раза. Для максимума одного и того же порядка определите отношение синуса угла дифракции в первом эксперименте ко второму.

9. Период дифракционной решетки 2,5 мкм. Сколько линий (главных максимумов) будет содержать спектр, образующийся при нормальном падении на нее плоской монохроматической волны длиной 400 нм?

10. Два когерентных источника испускают монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Определить, на каком расстоянии от точки, расположенной на экране на равном расстоянии от источников, будет первый максимум освещённости. Экран удалён от источников на 3 м, расстояние между источниками 0,5 мм.

Задания уровня «С»

1. Когда монохроматический свет падает нормально на поверхность мыльной плёнки, интенсивность отражённого света зависит от длины волны: она имеет максимум при длине волны 630 нм и ближайший к нему минимум при длине волны равной 525 нм. Какова толщина плёнки? Показатель преломления плёнки 1,33.

2. На дифракционную решетку с периодом $d = 0{,}01$ мм нормально к поверхности решетки падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм. За решеткой параллельно ее плоскости расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием 5 см. Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

3. Дифракционная решетка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим параллельным пучком света с длиной волны 580 нм? Считать $\sin\alpha \approx \mathrm{tg}\alpha$.

4. Свет из проекционного фонаря, проходя через маленькое отверстие, закрытое синим стеклом, попадает на экран с двумя маленькими отверстиями, находящимися на расстоянии 1 мм друг от друга, и падает на другой экран, отстоящий от первого на расстоянии 1,7 м. Расстояние между интерференционными полосами на экране оказалось равным 0,8 мм. Рассчитайте длину световой волны.

5. Для «просветления» оптики на поверхность линзы наносят тонкую пленку с показателем преломления 1,25. Какой должна быть минимальная толщина пленки, чтобы свет длиной волны 600 нм из воздуха полностью проходил через пленку? (Показатель преломления пленки меньше показателя преломления стекла линзы).

6. На поверхность стеклянной призмы нанесена тонкая пленка толщиной 110 нм. На пленку по нормали к ней падает свет длиной волны 660 нм. При каком значении показателя преломления пленки она будет «просветляющей»?

7. 5.Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна частотой 6×10^{14} Гц. Чему должно быть равно минимальное расстояние между зеркалами, чтобы наблюдался первый максимум интерференции проходящих лучей?

8. Дифракционная решетка содержит 200 штрихов на мм. Определите длину волны монохроматического света, падающего

на решетку нормально, если угол между направлениями на максимумы второго порядка, расположенные по обе стороны от центрального, равен 16°. Найдите общее число дифракционных максимумов, даваемых данной решеткой, при освещении ее светом с длиной волны 600 нм.

9. Две узкие щели, расположенные на расстоянии 2 мм друг от друга, освещаются красным светом с длиной волны 750 нм. Определите расстояние от центра экрана до первых светлых полос, получаемых на экране, расположенном на расстоянии 2 м от щелей параллельно им.

10. Собирающую линзу с фокусным расстоянием 40 см, диаметр которой равен 4 см, разрезали пополам и раздвинули на расстояние 4 мм, и щель между половинками закрыли. Определите расстояние, на котором можно наблюдать интерференционную картину, если точечный источник находится на расстоянии 80 см от линзы.

РЗ–11.9. Световые кванты

Задания уровня «А»

1. Определите в электронвольтах энергию фотона, соответствующего излучению с частотой 10^{15} Гц.

2. Какова в электронвольтах энергия фотона, соответствующего излучению с длиной волны 0,495 мкм?

3. Найдите частоту излучения, если энергия фотона равна 8,25 эВ.

4. Чему равен импульс фотона с энергией 5 эВ?

5. Два источника света излучают волны, длина волны которых равна 400 нм и 800 нм. Чему равно отношение импульсов фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?

6. Электрон вылетает из цезия с кинетической энергией 2 эВ. Какова длина волны света, вызывающего фотоэффект, если работа выхода равна 1,8 эВ?

7. Сколько квантов излучает за одну секунду гелий-неоновый лазер мощностью 10 мВт? Длина волны, излучаемая лазером равна 0,6 мкм.

8. На пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 9 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода электронов из никеля?

9. Поверхность металла освещается квантами света с энергией 4 эВ. Определите в км/с максимальную скорость вырываемых электронов, если работа выхода электронов 1,125 эВ. Массу электрона принять равной $9,2 \times 10^{-31}$ кг

10. Определите частоту излучения, соответствующую красной границе фотоэффекта для металла; у которого работа выхода составляет 4,125 эВ.

Задания уровня «В»

1. Определите наибольшую длину волны света, облучение которым поверхности меди еще может вызвать фотоэффект. Работа выхода электрона из меди равна 4 эВ.

2. Вольфрамовый шарик радиусом 10 см, находящийся в вакууме, облучается светом с длиной волны 2×10^{-7} м. Определите установившийся заряд шарика, если работа выхода для вольфрама равна 4,5 эВ.

3. Красная граница фотоэффекта у лития равна 520 нм. Какую задерживающую разность потенциалов нужно приложить к фотоэлементу, чтобы задержать электроны, излучаемые литием под действием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 200 нм?

4. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода равна $4,42 \times 10^{-19}$ Дж), освещается светом частотой 2×10^{15} Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности, у которой максимальный радиус равен 10 мм. Чему равна индукция магнитного поля?

5. При облучении катода светом частотой $1,2 \times 10^{15}$ Гц фототок прекращается при приложении между анодом и катодом напряжения 1,65 В. Чему равна частота, соответствующая красной границе фотоэффекта для вещества фотокатода?

6. При облучении металлической пластинки фотоэффект имеет место только в том случае, если импульс падающих на нее фотонов превышает $3,6 \times 10^{-27}$ кг×м/с. С какой скоростью будут

покидать пластинку электроны, если облучать ее светом, частота которого вдвое больше?

7. Фотоны, имеющие энергию 6 эВ, выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из металла равна 5,7 эВ. Какой импульс приобретает электрон при вылете с поверхности металла?

8. Длительность импульса лазера 1 нс, энергия в импульсе 0,3 Дж. Свет лазера падает на закопченное черное стекло перпендикулярно ему. Чему равно давление света на пластину при взаимодействии, если диаметр лазерного пучка равен 1 мм?

9. Найдите постоянную Планка, если фотоэлектроны, вырываемые с поверхности некоторого металла светом с длиной волны 250 нм, задерживаются напряжением электрического поля 3,1 В, а вырываемые светом с длиной волны 125 нм — напряжением 8,1 В.

10. Какую разность потенциалов надо приложить к фотоэлементу, чтобы задержать поток фотоэлектронов, испускаемых калием при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны 330 нм? Работа выхода для калия равна 2,15 эВ.

Задания уровня «С»

1. Фотокатод облучают светом, длина волны которого равна 300 нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода равна 400 нм. Какое напряжение нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

2. Чему равна длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластинки светом длиной волны 330 нм максимальная скорость выбиваемых электронов составляет 800 км/с?

3. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте излучения 6×10^{14} Гц. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 4 В.

4. Мощность точечного источника монохроматического света равна 10 Вт. Длина волны равна 500 нм. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз

реагирует на световой поток 60 фотонов в секунду? Диаметр зрачка равен 0,5 см.

5. До какого максимального потенциала можно зарядить удаленный от других тел платиновый шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны 0,14 мкм? Работа выхода электрона из платины $A = 8{,}55 \times 10^{-19}$ Дж.

6. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, один из которых заземлен. К ним подключен конденсатор емкостью 10 000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд 10^{-8} Кл. Работа выхода электронов из кальция равна $4{,}42 \times 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.

7. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус - скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Чему равно добавочное изменение скорости космического аппарата массой 1000 кг (включая массу паруса) за 24 часа, если размеры паруса 200 м × 200 м? Мощность солнечного излучения, падающего на 1 $м^2$ поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 $Вт/м^2$.

8. Какую задерживающую разность потенциалов надо приложить к фотоэлементу, чтобы «остановить» электроны, испускаемые вольфрамом под действием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 130 нм? Работа выхода электрона из вольфрама 4,5 эВ.

9. При исследовании вакуумного фотоэлемента оказалось, что при освещении катода светом частотой 1015 Гц фототок с поверхности катода прекращается при задерживающей разности потенциалов 2 В между катодом и анодом. Определите работу выхода материала катода.

10. Незаряженный металлический шарик емкостью 2 мкФ облучают фотонами с энергией равной 6 эВ. После прекращения облучения шар заземляют. Определите количество теплоты, выделившейся при заземлении шарика. Работа выхода электрона из металла равна 1,6 эВ.

РЗ–11.10. Физика атомного ядра

Задания уровня «А»

1. Вычислите дефект массы ядра азота $^{14}_{7}N$.

2. Напишите недостающие обозначения в ядерной реакции $^{41}_{19}K + \ldots \rightarrow {}^{44}_{20}Ca + {}^{1}_{1}H$.

3. Вычислите энергию связи ядра азота $^{17}_{7}N$.

4. Ядро какого элемента получается при взаимодействии нейтрона с протоном, сопровождающемся выделением γ-кванта? Напишите реакцию.

5. Запишите ядерную реакцию β-распада ядра марганца $^{57}_{25}Mn$.

6. При бомбардировке нейтронами атома азота $^{17}_{7}N$ испускается протон. В ядро какого изотопа превращается ядро азота? Напишите реакцию.

7. Какая энергия выделяется при ядерной реакции $^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}N \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He$?

8. Допишите ядерную реакцию $^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{12}_{6}C + \ldots$

9. Изотоп фосфора $^{30}_{15}P$ образуется при бомбардировке алюминия $^{27}_{13}Al$ α-частицами. Какая частица испускается при этом ядерном превращении? Запишите ядерную реакцию.

10. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

Задания уровня «В»

1. При взаимодействии атома дейтерия с ядром бериллия $^{9}_{4}Be$ испускается нейтрон. Напишите ядерную реакцию.

2. Период полураспада одного элемента равен 5 сут., второго элемента – 8 сут. Определите, во сколько раз больше остается второго элемента, чем первого через 40 сут., если изначально атомов первого элемента было в 2 раза больше, чем второго.

3. Определите энергетический выход ядерной реакции: $^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$.

4. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Найдите период полураспада.

5. Сколько происходит α и β-распадов распадов при радиоактивном распаде $^{238}_{92}U$, если он превращается в $^{198}_{82}Pb$?

6. Определите мощность первой советской атомной электростанции, если расход урана-235 в сутки составлял 30 г при КПД 17%.

7. Вычислите энергию связи атома $^{27}_{13}Al$.

8. Радиоактивный изотоп йода-131 имеет период полураспада 8 сут. Через сколько времени распадается 75% первоначального количества атомов?

9. Каков энергетический выход ядерной реакции:
$^{7}_{3}L + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{8}_{4}Be + ^{1}_{0}n$?

10. Определите, сколько ядер в 1 мг радиоизотопа $^{144}_{58}Ce$ распадается в течение одного года. Период полураспада данного изотопа равен 285 сут.

Задания уровня «С»

1. Возраст изделий из дерева можно определить, наблюдая за изменением количества ядер изотопа $^{12}_{6}C$. Определите возраст древних деревянных предметов, если известно, что число ядер изотопа $^{12}_{6}C$ у них составляет 3/5 содержания этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер $^{12}_{6}C$ равен 5570 лет.

2. При захвате нейтрона ядром изотопа лития $^{6}_{3}Li$ образуется ядро трития $^{3}_{1}H$, неизвестная частица и выделяется 4,8 МэВ энергии. Определите энергию продуктов реакции. Кинетической энергией исходных частиц пренебречь.

3. При взаимодействии ядра лития $^{7}_{3}Li$ и протона образуются две одинаковые частицы и выделяется 17,3 МэВ энергии. Определите полную энергию, которая выделится, если с протонами прореагируют ядра, содержащиеся в 1 г изотопа лития.

4. Какое количество $^{235}_{92}U$ расходуется за сутки на атомной электростанции мощностью 5 МВт? КПД электростанции равен 17%. При распаде одного ядра $^{235}_{92}U$ выделяется 200 МэВ энергии.

5. Активность радиоактивного препарата за 24 ч уменьшилась в 8 раз. Найдите период полураспада этого препарата. Определите, какая часть радиоактивных ядер этого препарата распадается за время, равное четвертой части периода полураспада.

6. Радон $^{222}_{86}Rn$ - это радиоактивный газ. Какую долю полной энергии, освобождаемой при распаде радона, уносит α-частица? Считать, что до распада ядро радона покоится.

7. В калориметр с теплоемкостью c = 100 Дж/К помещен образец радиоактивного кобальта с молярной массой 61 г/моль. Масса образца 10 мг. При распаде одного ядра кобальта выделяется энергии 2×10^{-19} Дж. Через 50 мин температура калориметра повысилась на 0,06°С. Каков период полураспада кобальта?

8. При слиянии ядер дейтерия и лития выделяется энергия 3,37 МэВ, образуется ядро бериллия $^{7}_{4}Be$ и неизвестная частица. Считая кинетическую энергию исходных частиц пренебрежимо малой, найдите распределение энергии между продуктами реакции.

9. При бомбардировке лития протонами он превращается в гелий. Определите объем гелия, образовавшегося из 1 г лития, если гелий в конце опыта имеет температуру 30°С и давление $9{,}3 \times 10^{4}$ Па.

10. Известно, что 1 г радия за 1 с дает $3{,}7 \times 10^{10}$ ядер гелия. Каково будет давление гелия, образующегося в герметичной ампуле объемом 1 см^3, в которой в течение года находилось 100 мг радия? Температура ампулы равна 15°С.

11.

Ответы

РЗ–11.1 Магнитное поле (сила Ампера)

№	Задания уровня "А"	Задания уровня "В"	Задания уровня "С"
1.	0,5 Тл	6,28 мкН × м	45°
2.	7,5 А	5,8°	Увеличатся на 0,25 Н
3.	200 Тл	9,8 А	5 м/с^2
4.	0,5 А	3 А	0,148 Н или 0,048 Н
5.	9 Н	2,88 Н × м	0,5 кг
6.	30°	На 30°	0,6 А
7.	20 см	6,6 × 10^{-2} Тл	0,5 Тл
8.	0,4 кг	24 В	3,56 × 10^{-2} Тл
9.	24,2 см	0,3 Дж	0,3 А
10.	9,8 м/с^2	5 мН	30 мкТл

РЗ–11.2 Магнитное поле (сила Лоренца)

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	1 мкН	3,5 × 10^5 м/с.	1000 км/с
2.	0,2 Тл	0,002 м	50 В
3.	10 м/с	2 Тл	0,1 Тл
4.	1 мкКл	0,5 Дж	4,6 × 10^{21} кгм/с 4,7 × 10^8 м/с^2
5.	0	В 2 раза	0,1 Тл
6.	3,2 × 10^{-20} Н × с	5000 м/с^2	40 мкКл
7.	0	4,4 × 10^{-9} с	2:1
8.	2:1	5	8 × 10^7 м/с
9.	0,5 м	4:	8 мТл
10.	60 м/с	В 2 раза	2:1

РЗ–11.3 Электромагнитная индукция

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	2 Тл	1,75 В	120°
2.	90°	45 В	23°
3.	0	3,5 мВ	29 см
4.	0,49 с	0,1 В	0,3 А

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
5.	0,865 Вб	7,5 мТл	1 В
6.	В 7,5 раз	5 Тл	0,05 Дж
7.	18,15 Дж	19 %	$2{,}5 \times 10^{-2}$ Тл
8.	13 В	100	13 В; 2 Дж
9.	0,141 А	0,31 Гн	2 Дж
10.	0,5 Гн	22 В	50 м/с

РЗ–11.4 Механические колебания и волны

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	0,2 с	5 с	На 1 с
2.	3 Гц	1,41	300
3.	1,6 с	420 м	880
4.	Комар делает на 24000 взмахов больше	4 с	$4{,}4 \times 10^{-2}$ м/с; $-13{,}9 \times 10^{-2}$ м/с^2
5.	100 м	В 2 раза	Не будет
6.	10 м/с2	0,628 с	0,9 м
7.	В 2 раза	В 1,41 раза	1,26 с
8.	10 кг	0,04 м	0,003
9.	В 2 раза	0,08	80 км/ч
10.	0,25 м	20 м/с	10 см
11.	В 4 раза	125 мс	3 мКл
12.	0,2 Гц	В 3 раза	125 мс
13.	330 м/с	10 рад/с	700 Гц
14.	80 м	1 м	0,05 с
15.	0,5 с	1 см	1:4

РЗ–11.5 Электромагнитные колебания и волны

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	251,2 мкс	Увеличить в 2,25 раза	$6{,}3 \times 10^{7}$ Гц; 9,4 мА
2.	0,2 мкФ	2 А	Т/8
3.	В 4 раза	35,5 В	100 пФ
4.	1 мкс	24 А	280 м

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
5.	0,2 мкФ	700 м	8 мА
6.	1,5 мкс	30 км	0,047 Дж
7.	Уменьшится в 1,41 раза	80 мДж	77 500 м
8.	628 м	120 мкДж; 40 мкДж	3 см
9.	80%	$22,5 \times 10^6$ км	1884 м
10.	62,8 Ом	25 нс	600 Гц

РЗ–11.6 Световые волны (отражение и преломление света)

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	30°	60°	2,8 см
2.	1,41	0,8	1,41
3.	1,73	45°	30°
4.	80°	90°	1 см
5.	2	1,3	7,25 см
6.	1,6	1,2	18 см
7.	5,2 м	2	10 с
8.	1,16 м	53°	0,67 см
9.	48°	97 см	4 см
10.	62°	70°	0,105 м

РЗ–11.7 Световые волны (линзы)

№	Задания уровня «А»	Задания уровня «В»	Задания уровня «С»
1.	2 дптр	6,5	2,5 дптр
2.	20 см	15 см	60 см
3.	15 см	12 см	12 см
4.	20 см	15 см	3 м
5.	2,5 дптр	0,8 м; 0,6 м	6 см
6.	В 2 раза	20 см	На 6 см
7.	0,5 м	Увеличится на 55 см	24 см
8.	16 дптр	9 см	6 см; 30 см
9.	20 см; 5 дптр	10 м	На 8 см
10.	25 см	3 м	4

РЗ–11.8 Световые волны (интерференция и дифракция)

№	Задания уровня «A»	Задания уровня «B»	Задания уровня «C»
1.	2	10 мкм	590 нм
2.	Ослабление	30°	3 мм
3.	700 нм	470 нм	2
4.	Ослабление	4	470 нм
5.	1,5 мкм	Усиление света	120 нм
6.	4	720 нм	1,5
7.	2,3°	300 нм	250 нм
8.	5000	1	348 нм; 17
9.	300 нм	13	На расстоянии 0,75 мм от центра экрана
10.	300 нм	3,6 мм	98 см

РЗ–11.9 Световые кванты

№	Задания уровня «A»	Задания уровня «B»	Задания уровня «C»
1.	4,125 эВ	310 нм	1,03 В
2.	2,5 эВ	10^{-10} Кл	641 нм
3.	2×10^{15} Гц	3,8 В	$1,57\times10^{15}$ Гц
4.	$2,7\times10^{-27}$ кг × м/с	0,8 мТл	1000 км
5.	2:1	$0,8\times10^{15}$ Гц	3,6 В
6.	330 нм	1500 км/с	330 нм
7.	3×10^{16}	3×10^{-25} кг × м/с	32 м/с
8.	5 эВ	1,3 МПа	5 В
9.	1000 км/с	$6,7\times10^{-34}$ Дж × с	2,1 эВ
10.	10^{15} Гц	1,6 эВ	19,36 мкДж

РЗ–11.10 Физика атомного ядра

№	Задания уровня «A»	Задания уровня «B»	Задания уровня «C»
1.	$1,822348\times10^{-28}$ кг		4100 лет
2.	${}^{41}_{19}K+{}^{4}_{2}He\rightarrow{}^{44}_{20}Ca+{}^{1}_{1}H$	4	2,74 МэВ; 2,06 МэВ
3.	102,3 МэВ	17,6 МэВ	$26,4\times10^{10}$ Дж
4.		4 дня	31 г
5.		10	8 ч; 0,16
6.		5 МВт	98%
7.	16,8 МэВ		95 мин
8.		16 сут	2,95 МэВ; 0,42 МэВ
9.		15 МэВ	$7,7\times10^{-3}$ м^3
10.	0.29	$2,5\times10^{18}$	4,67 кПа

Таблицы физических величин

Масса покоя элементарных частиц

Электрон	$9{,}1 \times 10^{-31}$ кг	0,00055 а. е. м.
Протон	$1{,}672 \times 10^{-27}$ кг	1,00728 а. е. м.
Нейтрон	$1{,}675 \times 10^{-27}$ кг	1,00866 а. е. м.

Массы атомов некоторых изотопов

Изотоп	Масса атома, а. е. м.	Изотоп	Масса атома, а. е. м.
$^{1}_{1}H$	1,00728	$^{12}_{6}C$	12,00380
$^{2}_{1}H$	2,01410	$^{14}_{7}N$	14,0007
$^{3}_{1}H$	3,01543	$^{16}_{8}O$	15,99491
$^{4}_{2}He$	4,00260	$^{17}_{8}O$	16,99913
$^{8}_{4}Be$	8,00531	$^{27}_{13}Al$	26,9815
$^{7}_{3}Li$	7,01601		

Содержание

Опорные конспекты

Разноуровневые задания

Ответы

Таблицы физических величин